

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Charles Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME SIXIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1881

ESSAI

SUR LES

VARIATIONS PÉRIODIQUES DES GLACIERS

PAR

M. F.-A. FOREL
de Morges.

On connaît les variations périodiques des glaciers des Alpes. On sait que le front de ces fleuves de glace descend tantôt plus bas, tantôt moins bas dans la vallée; que parfois, comme le glacier de Grindelwald en 1593, comme le glacier des Bossons en 1817, comme le Gorner en 1857, le glacier repousse devant lui sa moraine frontale et envahit les pâturages, renverse les forêts et les chalets des montagnards; que parfois, comme les glaciers de Grindelwald en 1540, ou comme dans les dernières années la majorité des grands glaciers de la Suisse, le glacier avance moins bas; il semble se retirer vers les hautes vallées, en laissant derrière lui la plaine désolée de sa moraine profonde.

Quelle est la cause de ces variations?

Il est incontestable que la longueur d'un glacier dépend de l'intensité relative de deux actions opposées qui régissent son existence : l'alimentation du glacier par les

neiges des névés, — la fonte de la glace, ou ablation [1], par le fait de la chaleur.

Si l'alimentation du fleuve de glace est plus abondante, le glacier s'écoule plus vite et descend plus bas ; si l'ablation est plus intense, la glace fond plus vite et l'épaisseur du glacier étant plus vite réduite à zéro, le glacier descend moins bas dans la vallée, et vice-versa.

Tous les auteurs qui se sont occupés de la question ont bien compris la chose ainsi ; H.-B. de Saussure [2], J. de

[1] Le facteur de l'ablation est assez compliqué ; il se compose des actions suivantes :

a. Fusion superficielle, due au contact d'un air dont la température est au-dessus de 0°.

b. Fusion interne, due à la pénétration dans la glace de la chaleur rayonnante.

c. Fusion superficielle, due à la chaleur latente dégagée lors de la condensation sur la surface de la glace de la vapeur d'eau contenue dans un air dont le point de saturation est au-dessus de 0°.

d. Fusion superficielle et intersticielle, due à l'eau de pluie tombant sur le glacier et circulant dans les fissures capillaires entre les grains du glacier.

e. Fusion de la surface inférieure, due à l'action de la chaleur centrale de la terre.

f. Fusion de la surface inférieure, due à la chaleur développée par le frottement du glacier sur son lit.

g. Évaporation de la glace dans un air dont le point de saturation est inférieur à la température de la glace.

Ajoutons que l'ablation est, comme l'a montré Agassiz, grandement influencée par la quantité relative des neiges de l'hiver qui protègent pendant plus ou moins longtemps le glacier et emploient pour leur fusion une quantité plus ou moins considérable de chaleur.

De cette manière, les facteurs variables de la température de l'été, de la nébulosité, de l'humidité atmosphérique, des pluies de l'été, des neiges de l'hiver, de la sécheresse de l'air, etc., interviennent tous pour déterminer la résultante de l'ablation.

[2] H.-B. de Saussure, *Voyage dans les Alpes,* § 540 sq.

Charpentier[1], L. Agassiz[2], pour ne citer que ces trois grands noms, ont cherché dans les facteurs météorologiques de l'année : chutes des neiges de l'hiver pour l'alimentation du glacier, chaleur de l'été pour l'ablation, la cause immédiate et directe des variations de longueur des glaciers.

Plus récemment, d'autres auteurs ont encore abordé la question en la traitant au même point de vue.

M. L. Gruner[3], dans une communication faite en 1876 à l'Académie des Sciences de Paris, a rattaché la retraite moderne des glaciers à la température plus élevée et aux chutes de neige moins abondantes depuis 1860 qu'avant cette époque, ainsi que le montrent les observations de Genève et du St-Bernard.

En 1880, M. Alph. Favre[4] attribue les variations des glaciers essentiellement à la température; il voit dans la grande extension de 1817 l'effet de la basse température des années 1808 à 1817; il attribue la période d'extension de 1855 à une série de cinq années froides, 1851-1855.

M. H. de Saussure[5], en 1880, a vu une coïncidence entre la retraite générale des glaciers dans les vingt dernières années et l'exhaussement progressif des eaux du lac Léman pendant la même période. Il estime que les

[1] J. de Charpentier, *Essai sur les glaciers*, p. 23. Lausanne, 1841.

[2] L. Agassiz, *Études sur les glaciers*, p. 225 sq. Neuchâtel, 1840. — *Nouvelles études sur les glaciers actuels*, p. 540. Paris, 1847.

[3] L. Gruner, Sur les causes qui ont amené le retrait des glaciers dans les Alpes, *Comptes rendus Acad. des sc. de Paris*, LXXII, p. 632.

[4] A. Favre, *Description géologique du Canton de Genève*, I, 105. Genève, 1880.

[5] H. de Saussure, *La question du lac*, p. 30. Genève, 1880.

glaciers fondent plus dans la période de retraite que dans celle de marche en avant, que le glacier emmagasine dans sa période de progression de l'eau qu'il dépense en excès pendant sa retraite. La fusion du glacier est pour M. H. de Saussure le grand facteur des variations de longueur.

C'est donc dans la fusion plus ou moins rapide du glacier à son extrémité inférieure et dans l'alimentation par les neiges de l'hiver, ou des hivers immédiatement précédents, que l'on cherche généralement la cause des variations de position de son front.

Mais l'observation ne répond pas à cette théorie; on constate que pendant des étés relativement froids, et où l'ablation doit être faible, certains glaciers reculent encore, que pendant des étés chauds certains glaciers avancent encore, que la même année certains glaciers avancent tandis que d'autres reculent, que l'état des neiges de l'hiver ne suffit pas pour expliquer ces différences. Ce désaccord entre la théorie et l'observation montre qu'il doit y avoir quelque erreur d'interprétation.

En réalité, je crois que l'on peut tirer de certains faits constatés dans les dernières années une théorie plus exacte de ces variations glaciaires. Cette théorie n'est pas nouvelle; nous verrons plus loin qu'elle a déjà été entrevue par Venetz en 1821 et parfaitement formulée en 1830 par F.-Jos. Hugi, le vaillant professeur soleurois; elle mérite d'être reprise et d'être appuyée par de nouvelles considérations.

Les faits sur lesquels je me fonderai peuvent être résumés dans deux propositions[1] :

[1] Voy. F.-A. Forel, Les Variations périodiques des glaciers des Alpes, *Écho des Alpes*, XVII, p. 20 sq. Genève, 1881.

I. *Loi de longue périodicité.* Les glaciers varient de grandeur par périodes comprenant de longues séries d'années. Ils n'ont pas de variations annuelles, mais des variations à longue période, de 5 ans, de 10 ans, de 20 ans, ou même plus.

J'en donnerai un exemple en répétant ici l'histoire du glacier inférieur de Grindelwald dont, grâce aux observations du *Pfarrbuch de Grindelwald,* nous connaissons les variations depuis plus de 300 ans[1].

De 1540(?) à 1575, période de grande retraite ; les rochers sont mis à nus, l'extrémité inférieure du glacier (Gletscherschweif) n'existe pas.

De 1575 à 1602, période de grand avancement ; le glacier envahit les pâturages, détruit la chapelle de Ste-Pétronille, renverse des granges et des chalets, refoule la Lütschine noire.

De 1602 à 1620, état stationnaire du glacier qui reste fort avancé.

De 1665 à 1680, période de retraite.

En 1703, maximum d'avancement.

En 1720, maximum de retraite.

En 1743, maximum d'avancement.

En 1748, maximum de retraite.

De 1770 à 1778, marche en avant.

En 1819, état de grande progression, n'a pas atteint ses anciennes moraines.

En 1840, marche en avant.

De 1855 à 1880, période de retraite.

[1] Voy. G. Studer, Der alte Gletscherpass zwischen Wallis und Grindelwald, *Jahrbuch des schweiz. Alpenclub*, XV, 498. Bern, 1880.

II. *Loi de variation contenue dans la période de retraite.* Quand un glacier est en retraite, il peut reculer constamment pendant une longue série d'années, sans aucune alternative de marche en avant. Cette loi résulte de l'observation directe.

Lorsqu'en 1870 et 1871, M. Ch. Dufour et moi[1] nous étudiions au glacier du Rhône la condensation de l'humidité de l'air sur le glacier et l'évaporation de la glace, nous avons été frappés de la retraite très évidente de ce magnifique glacier. Une belle moraine frontale, refoulée par le glacier jusqu'en l'année 1856, était déposée au milieu de la plaine, tout près des moraines de 1818; mais entre cette moraine de 1856 et le front du glacier en 1870 s'étendait une plaine presque unie, sillonnée seulement par les lits serpentueux des torrents. Cette plaine, ne montrant pas de traces de moraines frontales, il n'y avait pas eu de retour sensible en avant depuis que le glacier s'était mis en retraite en 1857; la retraite avait été en moyenne de 23 mètres par an. Depuis lors, nous avons visité le glacier en 1871, 1874, 1876, 1877, 1879 et 1880, et nous avons constaté, de nos yeux et par des mesures appropriées, la retraite continue du front du glacier. De 1874 à 1880, les travaux de mensuration que le Club alpin suisse a fait faire au glacier du Rhône par M. l'ingénieur Ph. Gosset et ses aides, du Bureau topographique fédéral, ont montré cette retraite d'une manière plus évidente encore. Chaque année, M. Gosset a construit une petite moraine frontale artificielle, en élevant, au front

[1] Ch. Dufour et F.-A. Forel, *Plan du front du glacier du Rhône et de ses moraines frontales. Bull. soc. vaud. des sc. nat.*, X, 680. Lausanne, 1870.

même du glacier, un mur de pierres sèches qu'il a peintes en noir. Ces murailles dessinent parfaitement sur le sol la position du glacier dans les sept années que comprennent déjà ces études. L'on y voit d'une manière frappante le recul constant et régulier du glacier, mouvement qui a varié de 25 à 70 mètres par an. En moyenne, la retraite a été de 1857 à 1870 de 23 mètres par an,

»	1870	»	1874	»	71	»	»
»	1874	»	1880	»	41	»	»

Voilà donc 24 ans que le front du glacier du Rhône est en retraite continue sans qu'il y ait eu pendant une seule année un mouvement de progression en avant.

Les grands glaciers du Mont-Blanc que M. Venance Payot, de Chamounix, étudie avec grande attention depuis 1864, ont présenté des phénomènes analogues. Le glacier des Bois a été en retraite continue de 1854 à 1878, le glacier des Bossons de 1854 à 1875. De même encore d'autres glaciers, le glacier supérieur de Grindelwald, par exemple, qui s'est mis en retraite vers 1855 et reculait encore en 1880.

Y a-t-il des faits analogues dans les périodes de marche en avant du front des glaciers? Je ne puis l'affirmer, l'observation précise manquant sur ce point. Nous savons que les périodes de progression en avant sont très nettement accentuées; que de 1580 à 1600 le glacier inférieur de Grindelwald avançait rapidement, que de 1811 à 1817 la plupart des glaciers des Alpes progressaient, que cette marche en avant du glacier des Bois a duré jusqu'en 1826, celle du glacier de l'Unteraar durait encore en 1846[1], etc. Mais pendant ces périodes de marche

[1] Pour ce glacier, nous avons des observations de 1816 (Wyss),

en avant, y a-t-il eu continuité dans le sens de la variation, n'y a-t-il jamais eu d'interruption, jamais un arrêt de un ou deux ans, pendant lesquels les glaciers auraient reculé ? Les observations ne sont pas assez précises sur ce point pour que nous puissions le formuler en loi.

Reprenons le fait dont nous sommes absolument certain, la retraite continue du glacier du Rhône de 1857 à 1880. J'en tirerai une conclusion d'une grande importance : *Le facteur déterminant dans les variations de longueur des glaciers, ce n'est pas l'ablation, mais c'est la vitesse de l'écoulement de la glace.*

La longueur relative du glacier dépend de la valeur relative des deux actions en présence, l'écoulement du fleuve glacé et la fusion de la glace. De ces deux facteurs, l'un est soumis à des variations annuelles et irrégulières, c'est la fusion ; ce ne saurait donc être ce facteur essentiellement irrégulier et à variations rapides qui occasionne d'une manière prédominante des variations à aussi longue périodicité et à périodicité aussi ininterrompue, que celle que nous constatons au glacier du Rhône.

La valeur de l'ablation varie d'une année à l'autre avec les facteurs météorologiques de l'année, et spécialement avec ceux de l'été (chaleur, humidité, vents); si, d'une manière générale, on peut trouver certains faits de longue périodicité dans la température moyenne des étés, dans l'état hygrométrique moyen, etc., cependant, dans de longues séries d'années, comme celles qui nous occupent, il y a toujours des variations des deux côtés de la moyenne.

1819 (Kasthofer), 1829 (Hugi), 1839, 1840, 1846 (Agassiz), 1853 à 1867 (Huber), 1870 (F.-A. Forel), qui toutes signalent un mouvement d'allongement.

Prenons par exemple les 24 années, de 1857 à 1880, pendant lesquelles le glacier du Rhône a été en retraite continue, et cherchons quel était l'état thermique et hygrométrique général du pays, en nous basant sur les données de l'Observatoire de Genève. Je chercherai pour trois facteurs météorologiques : la température de l'air, l'humidité absolue de l'air et l'eau météorique, quel a été, pendant cette période de 24 ans, le nombre d'années pendant lesquelles ces valeurs étaient au-dessus ou au-dessous de la normale[1]; je chercherai ces rapports, soit pour les trois mois d'été, juin, juillet et août, soit pour l'année entière :

		Nombre d'années, de 1857 à 1880, dans lesquelles les facteurs météorologiques ont été au-dessus ou au-dessous de la normale :	
		au-dessus	au-dessous
Température	été	15 années	9 années
»	année	16 »	8 »
Humidité absolue	été	14 »	10 »
»	année	16 »	8 »
Eau météorique	été	14 »	10 »
»	année	12 »	12 »

Il nous est permis d'admettre, sans autre démonstration, que des variations analogues au-dessus et au-dessous de la normale ont existé pour tous les autres facteurs météorologiques, dont la résultante détermine la valeur annuelle de l'ablation; que des variations du même ordre ont eu lieu dans la vallée du glacier du Rhône aussi bien qu'à Genève. Par conséquent, nous pouvons affirmer que, certainement, dans ces 24 années, il y a eu des années où la valeur de l'ablation du glacier du Rhône

[1] Calculée pour la température et l'eau météorique d'après les moyennes de 1826 à 1875; pour l'humidité absolue, d'après les moyennes de 1849 à 1875. Voy. E. Plantamour, *Nouvelles études sur le climat de Genève*, 1876.

a été au-dessus, d'autres où l'ablation a été au-dessous de la moyenne.

Or, dans ces 24 années, nous constatons une retraite continue du front du glacier du Rhône : donc, ce n'est pas l'ablation, phénomène à variations annuelles, qui est le facteur principal des variations du glacier, phénomène à longue périodicité. Si ce n'est pas dans les variations de l'ablation, c'est dans les variations de l'écoulement que nous devons chercher la cause des variations de grandeur du glacier.

L'écoulement du glacier est donc le grand facteur qui préside aux variations.

Nous n'avons pas à ma connaissance de chiffres précis qui donnent la vitesse d'écoulement du même glacier dans les périodes d'allongement et dans celles de raccourcissement : je ne puis donc pas prouver directement que la vitesse de la glace soit plus grande quand le front du glacier marche en avant, que quand il est en retraite. Cela résulte cependant de quelques mesures prises par les ingénieurs du Club alpin suisse sur le glacier du Rhône, de 1874 à 1880, le glacier étant en période de retraite très manifeste.

De 1874 à 1880, la vitesse d'écoulement de la glace sous la *chaîne des pierres noires*, la chaîne de pierres la plus rapprochée du front du glacier, a été :

Année.	Distance du front.	Progression annuelle.
1874	400^{m}	
1875	318	12^{m}
1876	277	11
1877	245	7
1878	215	5
1879	163	5
1880	110	0,3

La vitesse moyenne a été de $6^m,7$ par an ; elle a été très notablement en diminuant à mesure que la chaîne des pierres s'est approchée du front du glacier; en 1880 la moitié de la chaîne étant déjà sur le sol, le reste n'avançait pour ainsi dire plus.

Quelle pourrait être la vitesse d'écoulement d'un point analogue du glacier si celui-ci était en période d'accroissement ? Nous pouvons l'inférer en utilisant les données que nous possédons sur la retraite du front du glacier du Rhône. De 1870 à 1880 le front du glacier a reculé de 534^m, soit en moyenne de 53^m par an. La vitesse d'écoulement étant actuellement nulle ou presque nulle sur le front même du glacier, nous pouvons la négliger et admettre que par le fait de l'ablation le front du glacier du Rhône recule actuellement de plus de 50^m, année moyenne.

Cette valeur doit être un peu moins forte lorsque le glacier est en allongement; car son talus terminal est alors beaucoup plus incliné qu'il ne l'est actuellement et la même hauteur verticale d'ablation doit se traduire par une retraite moins considérable sur le pied du mur de glace. Réduisons donc cette valeur dans la période d'allongement à un chiffre notablement inférieur, à 40^m, à 20^m. Comme le glacier s'allonge, il faut que la vitesse d'écoulement, au front même du glacier, soit supérieure au recul dû à la fonte; qu'elle le dépasse de tout l'avancement du glacier. Il faut donc qu'alors le glacier s'écoule avec une vitesse peut-être supérieure à 40^m, tout au plus supérieure à 20^m par an.

Pendant la période de retraite, l'extrémité inférieure du glacier a une vitesse d'écoulement nulle, pendant la période d'allongement la vitesse de cette même région

dépasse la valeur de la fonte, dépasse 20^m ou 40^m. Cela correspond parfaitement avec l'hypothèse que je viens d'esquisser.

N'allons pas cependant trop loin ; ne refusons pas à l'ablation son rôle dans les variations des glaciers. L'ablation varie beaucoup d'intensité d'une année à l'autre ; suivant qu'elle est plus forte ou plus faible, elle tend à laisser avancer plus ou moins bas le front du glacier, quelle que soit du reste la vitesse d'écoulement qui le pousse; son rôle est donc positif et actif. Mais cela bien reconnu, nous devons insister d'autant plus sur la prépondérance évidente et très marquée de l'influence de l'écoulement dans le phénomène des variations de longueur du glacier.

Comment expliquer ces variations énormes dans la vitesse d'écoulement du glacier à sa partie inférieure ? J'en rendrai compte en montrant que de très petites variations dans cette vitesse à la partie supérieure du glacier, s'exagèrent dans le trajet du fleuve glacé et deviennent très considérables à la partie inférieure de son cours.

Admettons, ce que nous démontrerons plus loin, que, à l'origine supérieure du glacier, il y ait des variations à longue période, pendant lesquelles le glacier soit tantôt un peu plus épais, tantôt un peu moins épais que la normale.

La vitesse d'écoulement varie avec l'épaisseur du glacier ; pour être plus prudent disons : les choses se passent comme si la vitesse d'écoulement variait en fonction directe de l'épaisseur du glacier. Nous reprendrons ce point plus bas.

Quand donc le glacier est, à son origine, un peu moins épais que la normale, il s'écoule un peu moins vite ; marchant un peu moins vite, une tranche de glacier que nous

considérons emploiera plus d'années pour faire le même trajet; elle sera pour ce même trajet soumise plus longtemps à l'ablation; pendant le premier kilomètre de son parcours, elle perdra plus d'épaisseur qu'elle ne l'aurait fait si elle avait employé un moins grand nombre d'années à accomplir ce voyage. Au bout de ce premier kilomètre de chemin, notre tranche de glacier, non seulement sera un peu moins épaisse, par suite de son déficit primitif d'épaisseur, mais elle aura diminué notablement plus, en ayant perdu davantage par l'ablation plus longtemps active. La faible variation en moins dans l'épaisseur du début sera donc notablement exagérée après un certain trajet, et, au bout du premier kilomètre, le glacier ne sera pas seulement un peu moins épais, il sera beaucoup moins épais que la normale. Mais cette exagération dans la diminution d'épaisseur occasionnera une exagération dans le même sens sur la vitesse, et le même procès d'actions et de réactions réciproques, de l'épaisseur sur la vitesse et de la vitesse sur l'épaisseur, continuant de kilomètre en kilomètre, jusqu'à l'extrémité inférieure du glacier, il en résultera qu'à la fin, le très faible déficit primitif se transformera en une diminution énorme, soit de la vitesse soit de l'épaisseur.

Il en sera de même, mais en sens inverse, si le glacier est à son début trop épais ; il s'écoulera plus vite, il sera moins longtemps soumis à l'ablation, il perdra relativement moins en épaisseur ; la diminution plus faible d'épaisseur occasionnant un rallentissement plus faible de vitesse, et ce rallentissement plus faible réagissant en causant une plus faible diminution d'épaisseur, il en résultera en définitive qu'une très petite variation en plus, dans l'épaisseur du glacier à sa partie supérieure, occa-

sionnera une prolongation considérable, un maintien, une conservation soit de l'épaisseur soit de la vitesse du glacier à son extrémité inférieure.

Ainsi s'explique le fait que dans les périodes de retraite l'épaisseur et la largeur du corps du glacier sont autant diminuées que sa longueur; que le glacier est amoindri dans toutes ses dimensions (glacier du Rhône 1880); ainsi s'explique que, quand le glacier s'allonge, il repousse et soulève ses moraines latérales en même temps qu'il refoule en avant sa moraine frontale (glacier du Rhône, moraines de 1856).

Nous avons admis avec tous les auteurs que la vitesse d'écoulement varie avec l'épaisseur du glacier. Examinons ce point de plus près.

Si le glacier était formé d'une masse compacte incompressible, il devrait, ou bien avoir la même vitesse dans toute sa longueur, ou bien se déformer, s'épaissir dans les régions où sa vitesse est rallentie, s'amincir, s'étirer dans les régions où sa vitesse s'accélère. Un fleuve d'eau s'approfondit là où la pente est la plus faible; il perd de la profondeur dans les rapides. Or cela n'a pas lieu sur le glacier. D'une part sa vitesse d'écoulement va en décroissant du haut en bas du glacier (expériences d'Agassiz sur les glaciers de l'Unteraar et du Rhône, de Tyndall sur le glacier des Bois et le Morteratsch, de Gosset au Glacier du Rhône) — d'une autre part son épaisseur et sa largeur vont sans cesse en diminuant du haut en bas du glacier; si accidentellement et en quelques places on constate des gonflements locaux, ils sont loin d'être constants et de correspondre partout et toujours aux rallentissements de la vitesse.

La glace n'étant pas compressible, pour expliquer le

rallentissement de la vitesse, il faut donc avoir recours à la perte de substance. La fusion intersticielle entre les grains du glacier, et l'ablation qui ronge les parois des crevasses, ce que pour abréger j'appellerai l'*ablation interne,* diminue la masse du glacier ; il y a perte de substance par fusion de la glace.

Il en résulte que, dans son écoulement, chaque point du glacier avant de presser sur les parties inférieures doit se rapprocher de celles-ci de tout l'espace dont l'ablation interne les avait séparés. Il y a donc, par ce fait, rapprochement continu de deux points différents sur l'axe du glacier [1], perte de mouvement, rallentissement dans la vitesse.

Or l'ablation interne est causée par les mêmes actions que l'ablation superficielle ; elle augmente donc de valeur dans les régions où l'attitude est moins élevée ; elle est plus forte à la région inférieure du glacier. Son effet de rallentissement va donc en croissant du haut en bas du glacier, et par suite la vitesse d'écoulement diminue dans les régions inférieures.

Si nous considérons cette même action à un autre point de vue, nous verrons qu'elle agit encore par un autre procédé pour diminuer la vitesse d'écoulement du glacier. Plus le glacier est épais, plus faible est l'effet relatif de l'ablation interne. Celle-ci agit proportionnellement à la surface ; chaque mètre carré de la surface du glacier reçoit chaque année un certain nombre de calo-

[1] La ligne des pierres jaunes au-dessus de la cascade du glacier du Rhône était en 1874 distante de 1700m de la ligne des pierres vertes située plus bas, au-dessous de la cascade. En 1879 cette distance n'était plus que de 1324m ; les deux points s'étaient donc rapprochés de 376m en cinq ans. (Expériences du Club alpin suisse.)

ries qui fondent, dans la profondeur, un certain nombre de kilogrammes de glace. Quand le glacier est très épais, la petite diminution de volume due à cette fusion interne est très peu de chose par rapport au volume énorme du glacier; elle ne peut occasionner qu'un rallentissement excessivement petit de la vitesse d'écoulement. Mais lorsque le glacier est très réduit d'épaisseur, la même diminution de volume devient une fraction importante de la masse, et le rallentissement résultant de l'ablation interne peut abaisser la vitesse d'écoulement à des chiffres très faibles (bord du glacier, front du glacier).

Nous voyons donc l'ablation interne augmenter d'intensité absolue du haut en bas du glacier, par suite de l'élévation de la température dans des altitudes plus basses, augmenter aussi son action efficace à mesure que le glacier diminue d'épaisseur. Le rallentissement dû à cette ablation interne sera donc le plus fort là où le glacier est le moins épais, et dans les régions inférieures. N'avons-nous pas là l'explication de la plus faible vitesse d'écoulement sur les bords et à la partie inférieure du glacier? N'aurions-nous pas là peut-être, indépendamment de toute hypothèse théorique sur la nature de l'écoulement du glacier, l'explication du fait généralement admis que la vitesse d'écoulement varie avec l'épaisseur du glacier?

Ce rallentissement dû à l'ablation interne suffit-il pour expliquer toutes les variations de vitesse du glacier? Je ne veux pas aller si loin, et je suis tout disposé à admettre que plus le fleuve de glace est profond, plus son écoulement est rapide. Mais cela étant bien reconnu, que l'on ne néglige pas trop, comme on est souvent disposé à le faire, le facteur fort important de l'ablation interne.

Considérons maintenant l'effet de rallentissement de

l'ablation interne sur les variations de l'écoulement du glacier. Comme nous venons de le voir, quand le glacier est très épais l'effet utile de l'ablation interne est presque nul, quand le glacier est peu épais son effet est considérable. Plus le glacier diminue d'épaisseur, plus cet effet relatif est donc apparent. L'ablation interne tend donc, elle aussi, à exagérer les petites variations dans l'écoulement qui, par les diverses raisons que nous avons développées, très faibles à la partie supérieure du glacier, arrivent à être énormes à la partie inférieure.

Comme cause des variations de longueur des glaciers, telles que nous les connaissons, il suffit donc de chercher de légères variations dans l'épaisseur de la partie supérieure du glacier, variations se continuant dans le même sens pendant de longues périodes de dix ans, de vingt ans, ou plus.

Or, ces variations se retrouvent fort bien dans les variations d'épaisseur des névés. Le névé est formé par la somme des couches de neige tombées dans les années précédentes et accumulées en se superposant. Dans des sommes de cette nature il y a des variations à longue périodicité.

On sait que les chutes de pluie sont inégales d'une année à l'autre ; on sait aussi que l'on peut dans cette inégalité constater des phénomènes de longue périodicité : il y a des périodes pluvieuses, il y a des périodes sèches. Ce n'est pas une périodicité continue et non interrompue, comme celle que nous venons de voir dans les variations de longueur des glaciers; les séries d'années sèches sont coupées par des années pluvieuses, et vice versâ ; mais dans les sommes, ou dans les moyennes, l'on constate faci-

lement des variations générales à longue périodicité. Pour nous rendre compte des allures de ces variations, je choisis la longue et excellente série des observations météorologiques de Genève de 1826 à 1880 et je fais, depuis 1835, pour chaque année la somme des hauteurs d'eau tombée dans les dix années précédentes; je donne dans le tableau suivant la différence entre cette somme et la moyenne de 50 ans (1826-1875). Les chiffres de ce tableau sont calculés comme suit; je prends pour exemple le premier :

La somme des chutes d'eau de 1826 à 1835 est	7711 mm
la normale annuelle de 1826 à 1875 étant...	815,9
la normale de 10 ans est..................	8159
et la différence est.....................	—448

Année.	Différence avec la normale.	Année.	Différence avec la normale.
1835	— 448mm	1860	+ 43mm
36	— 443	61	+163
37	— 763	62	— 88
38	— 697	63	— 75
39	— 792	64	— 38
1840	— 581	65	—396
41	— 505	66	—435
42	+ 44	67	— 54
43	+ 316	68	— 57
44	+ 458	69	+ 1
45	+ 525	1870	—275
46	+ 943	71	—447
47	+1120	72	—106
48	+1098	73	—209
49	+1128	74	—295
1850	+ 812	75	— 9
51	+ 529	76	—127
52	+ 443	77	— 94
53	+ 336	78	+231
54	+ 85	79	+393
55	+ 329	1880	+533
56	+ 294		
57	+ 146		
58	— 39		
59	— 228		

Si nous pouvions appliquer ces chiffres de Genève à l'épaisseur d'un névé des Alpes, nous verrions que :

De 1835 à 1841	le névé aurait été	moins	épais que la normale.
De 1842 à 1857	»	plus	»
De 1862 à 1877	»	moins	»
De 1878 à 1880	»	plus	»

De 1858 à 1861 il y aurait eu un état d'équilibre se traduisant par des variations rapides en plus ou en moins. Il y a là dans ces variations générales de la hauteur d'eau météorique un caractère de longue périodicité analogue à celles des variations de longueur des glaciers.

Nous pouvons donc admettre que le névé présente dans son épaisseur des variations avec longue périodicité ; que pendant des dix ou vingt ans il est plus épais que la normale, que pendant des dix ou vingt ans il est moins épais que la normale. C'est du reste ce que l'expérience des montagnards a de tous temps reconnu.

Quelle est l'importance en mètres de ces variations dans l'épaisseur des névés, c'est ce que nous ne pouvons dire : il nous manque pour cela les observations suffisantes.

De ces variations d'épaisseur du névé il résulte nécessairement des variations dans l'alimentation du glacier. Le névé est la source du glacier ; si le névé est plus épais, la quantité de glace qui s'écoule annuellement dans le glacier est plus considérable ; si le névé est trop faible, l'écoulement sera faible aussi. Nous avons ainsi dans les variations périodiques d'épaisseur du névé la cause des variations d'alimentation que nous avons vues expliquer très suffisamment les variations périodiques de la longueur du glacier. Nous avons ainsi l'enchaînement complet du phénomène que je résumerai comme suit :

La quantité de neige qui tombe sur les sommets des Alpes varie par longues périodes irrégulières. L'épaisseur du névé qui est la somme des chutes de neige des années précédentes varie de la même manière: le névé est tantôt plus épais tantôt moins épais que la normale. Il en résulte des variations du même ordre dans l'alimentation du glacier ; ces variations, très faibles à la partie supérieure du glacier, s'exagèrent à mesure que le fleuve glacé descend dans la vallée, par suite des réactions de la vitesse d'écoulement sur l'épaisseur, et de l'épaisseur sur la vitesse de l'écoulement ; par suite aussi de l'effet relativement plus ou moins important du rallentissement de vitesse dû à l'ablation interne du glacier. Ces variations deviennent considérables à la partie inférieure du glacier et se traduisent par d'énormes variations dans la vitesse d'écoulement et dans l'épaisseur du front même du glacier. Il en résulte que, au front du glacier, la vitesse est ou bien nulle, ou bien très forte ; quand la vitesse est nulle, elle est plus faible que l'ablation et le glacier se met en retraite ; quand la vitesse est très forte, elle est plus forte que l'ablation et le glacier s'allonge. Les différences entre la vitesse et l'ablation sont ordinairement telles que les petites variations dans l'intensité de l'ablation d'une année à l'autre disparaissent et ne se font plus sentir dans le sens de la résultante des deux actions.

Ce n'est donc pas aux variations rapprochées de l'ablation, dues aux variations thermiques et hygrométriques de l'année que nous attribuons les variations de longueur des glaciers : c'est à une cause beaucoup plus éloignée, à l'alimentation même du glacier par des chutes plus ou moins abondantes de neige sur le névé dans les années passées.

A quelle époque faut-il remonter en arrière pour chercher dans le névé la cause des variations actuelles de longueur du glacier ? Le glacier du Rhône est actuellement en retraite ; de quand date le déficit de neige sur le névé qui a causé cette diminution de longueur ? Le glacier des Bossons s'est mis il y a quelques années à s'allonger de nouveau après une longue période de retraite ; quand ont eu lieu sur les névés du Mont-Blanc les chutes trop abondantes de neige qui causent ce retour en avant du front du glacier ?

Il est difficile de répondre à cette question ; l'observation suffisante nous manque. Ce que nous pouvons dire, c'est que si notre théorie est exacte, c'est un temps considérable qui est nécessaire. Il faut, pour que la neige accumulée sur le haut névé puisse réagir sur le front du glacier, qu'elle ait eu le temps de s'écouler dans toute la longueur du glacier ; l'on sait la lenteur de ce voyage, la durée de ce transport.

Faisons cependant une distinction. Nous avons vu que le glacier s'écoule très lentement quand il est peu épais, qu'il s'écoule très vite quand il est très épais. Est-ce le trajet en grande vitesse ou en petite vitesse qui doit servir de base si l'on veut aprécier le temps nécessaire à ces réactions du névé sur le front du glacier ? Une comparaison me permettra de donner la réponse probable à cette question. Les périodes de grandes neiges du névé qui occasionnent une forte alimentation du glacier, une grande vitesse d'écoulement, et par suite une période d'allongement, font sur le fleuve glacé le même effet qu'une crue d'eau d'inondation sur une rivière. Le lac de Merjelen se vide dans la Massa par-dessous le glacier d'Aletsch, la Dranse accumulée derrière le glacier infé-

rieur du Giétroz rompt sa digue et s'écoule dans la vallée de Bagnes. Ce flot d'inondation descend dans la vallée avec une vitesse énorme due à la masse extraordinaire de ses eaux; puis, quand le flot a passé, la rivière reprend sa marche normale. Le commencement et la fin de l'inondation pour chaque point de la vallée ont leurs moments réglés par la vitesse de progression du flot d'inondation et non par la vitesse normale des basses eaux de la rivière. Il doit en être de même du glacier. Un épaississement extraordinaire du névé forme un véritable flot d'inondation de glace, qui descend le long du fleuve glacé sous la forme d'une intumescence de grande épaisseur, et par conséquent de grande vitesse. L'accroissement de vitesse au front du glacier se fera donc sentir au bout d'un nombre d'années suffisant pour amener, en grande vitesse, le flot d'intumescence parti du névé trop épais; quand le névé s'affaissera, le fleuve glacé reprendra ses allures paisibles; la retraite du front du glacier commencera alors que la partie postérieure du flot d'intumescence sera arrivée, en grande vitesse aussi, dans la région inférieure.

Pour apprécier le temps nécessaire pour faire sentir à l'extrémité inférieure du glacier les variations d'épaisseur du névé, ce que pour abréger j'appellerai le *retard de la période,* il faudrait donc connaître la grande vitesse d'écoulement de la glace, la vitesse du flot d'inondation qui se précipite relativement fort promptement pour arriver au bas de la vallée. C'est dire qu'une bonne partie des chiffres que nous possédons sur la vitesse des glaciers ne peut nous servir, la plupart ayant été mesurés alors que les glaciers étaient en retraite, soit à l'époque de leur faible vitesse d'écoulement; ils nous donneraient tous un nombre d'années trop considérables.

Ce retard de la période doit être différent d'un glacier à l'autre et dépendre essentiellement de la longueur du glacier et de sa vitesse : celles-ci dépendent à leur tour de la grandeur du névé, de l'altitude, de l'inclinaison et de l'orientation de la vallée. Il n'y a pas cependant des différences aussi considérables qu'on pourrait le croire au premier abord, si nous en jugeons du moins par les allures de l'ensemble des glaciers.

En effet les variations de longueur des glaciers présentent un caractère de généralité très remarquable. Il est rare que tous les glaciers, sans exception, s'allongent ou se raccourcissent en même temps ; je n'en connais dans ce siècle que deux exemples : les années 1817 et 1818 où tous les glaciers s'allongeaient [1], les années 1872 à 1874 où tous les glaciers des Alpes semblent avoir été en retraite [2]. Mais il est aussi évident que le plus souvent la plupart des glaciers avancent en même temps ou reculent en même temps ; il y a presque toujours quelques excep-

[1] Le fait n'est cependant pas aussi certain que le dit la tradition. Dans son mémoire de 1821, Venetz fait, à propos de ces années 1815 à 1817, une distinction très nette entre « les glaciers qui, se trouvant sur des pentes rapides, chargés d'une nouvelle masse énorme de neige, s'enfoncèrent d'une manière étonnante dans les vallées, » et « les grands glaciers qui ont peu de pente, et ont dû soutenir cette nouvelle charge ; gagnant beaucoup en épaisseur, ils n'avancèrent que fort peu pendant les dites années. » « Il est naturel, » ajoute Venetz, « que les glaciers qui descendent avec une grande rapidité dans un climat chaud, se déchargent plus vite de leur surcroît de glace que ceux qui ne marchent que lentement. Il est donc naturel que ces derniers doivent encore avancer quand même il survient une époque de plusieurs années chaudes qui font déjà reculer les autres, car leur masse ne diminue pas si promptement. Comme tous les glaciers reposent sur des bases différentes, il est certain qu'ils doivent différemment avancer et reculer. » Venetz, loc. cit., p. 4.

[2] F.-A. Forel, *Variations périodiques des glaciers des Alpes*, p. 46.

tions, plus ou moins nombreuses, à la généralité de ces mouvements, mais la majorité qui varie dans le même sens est le plus souvent très bien marquée. Je n'en veux pour preuve que l'impression des auteurs, si l'on en juge par les descriptions données par eux, des allures des glaciers dans ce siècle ; pour eux l'ensemble des glaciers avance ou recule en même temps. Les glaciers ont avancé de 1812 à 1818, ils ont été stationnaires en 1819, en recul depuis 1821, en progression de 1826 à 1836, et ainsi de suite[1]. Pour être dans le vrai ces auteurs devraient dire : la majorité des glaciers, ou bien, tous les glaciers sur lesquels nous avons des données. Ainsi, pour ne parler que de la période de 1812 à 1836, pendant que la majorité (?) des glaciers variait ainsi que je viens de l'indiquer, les glaciers des Bois, de l'Unteraar, du Gorner ont continué, pendant bien des années encore, leur mouvement d'allongement.

Je donnerai une meilleure idée de ces variations en décrivant la période actuelle, qui est très remarquable par l'état de retraite très général des glaciers des Alpes. Vers 1872-1874, comme je l'ai dit, tous les glaciers sur lesquels nous avons des renseignements étaient en retraite. Quand a commencé ce mouvement de diminution ? Voici quelques données que j'ai pu recueillir :

Glaciers du Mont-Blanc,	vers	1854
Glacier de Grindelwald supérieur,	»	1855
» du Giétroz,	»	1855
» du Rhône,	»	1857
» d'Aletsch,	»	1860

[1] Charpentier, loc. cit., p. 26. W. Huber, *Les glaciers*, p. 134. Paris, 1867.

Glacier du Gorner,		vers	1870
»	de Fiesch,	»	1870
»	de l'Unteraar,	»	1871

Il y a quinze à vingt ans de différence entre les premiers et les derniers.

Cette période générale de retraite est bientôt terminée. Nous avons déjà des notes qui nous signalent l'allongement des glaciers suivants :

Glacier des Bossons,		depuis	1875	environ.
»	du Schallhorn,	»	1878	»
»	des Bois,	»	1879	»
»	du Trient,	»	1879	»
»	de Zigiorenove,	»	1879	»
»	du Giétroz,	»	1880	»

Nous allons probablement voir les glaciers, les uns après les autres, cesser de se raccourcir et commencer à s'allonger.

Si ce caractère de généralité, que nous constatons actuellement dans la variation en retraite des glaciers, n'est pas un fait exceptionnel, il rend probable que la durée du retard de la période n'est pas excessivement considérable, et ne doit pas se chiffrer par centaines d'années, mais par dixaines d'années seulement. En effet, comme il y a des différences d'un glacier à l'autre dans la durée du transport de la glace du haut en bas du glacier, plus cette durée serait considérable, plus les différences dans le retard de la période s'accentueraient. L'origine des variations dans les névés étant à peu près simultanée chez tous les glaciers, le fait que tous les glaciers arrivent, à vingt ans près, au même temps de

leur période de variation montre que le retard de la période ne saurait être infiniment grand.

Je ne suis pas en mesure de trouver pour la période actuelle de retraite l'époque du déficit des neiges sur les névés qui en a été la cause éloignée. Les observations pluviométriques de Genève, qui sont la série la plus longue à ma disposition, ne remontent pas assez loin pour que je puisse le faire avec certitude. Il est probable que la période sèche qui est l'origine de la retraite actuelle a été antérieure à une période humide qui a commencé en 1838 et s'est continuée jusqu'en 1856; de 1832 à 1837 il y a eu une série d'années extrêmement sèches, de 1826 à 1831 la hauteur de pluie n'a été que peu au-dessus de la moyenne; mais je n'ai pas de documents comparables pour les années antérieures à 1826, et je suis obligé de laisser la question sans réponse, faute de matériaux suffisants. — Nous allons retrouver dans Hugi un exemple qui, quoique se rapportant à des époques fort anciennes, semble assez démonstratif et donnerait pour le retard de la période au glacier de Grindelwald une durée d'une vingtaine d'années environ.

J'ai dit au début de ce travail que je me rencontrais dans l'explication théorique des variations des glaciers avec le Soleurois Hugi, qui de 1827 à 1836 a, avec la plus grande ardeur, étudié sur place les névés et les glaciers. J'ai donné, en note à la page 27, un passage de Venetz qui évidemment interprétait les variations des glaciers à peu près comme je le fais aujourd'hui. Je suis très heureux de voir les déductions, que je tire de l'observation actuelle de la continuité de la variation en retraite du glacier du Rhône, coïncider aussi bien avec les

conclusions inspirées aux excellents explorateurs de nos Alpes, par la contemplation des mouvements des glaciers [1].

Voici la traduction à peu près littérale de deux passages de Hugi sur ce sujet [2].

« Chaque glacier naît sous la forme d'un névé : comme glacier il tend à disparaître et s'acheminer vers sa fusion. Lorsque, par suite de quelques années abondantes en neige, les névés s'épaisissent extraordinairement, ils chassent par leur partie inférieure des glaciers plus épais qui descendent dans la vallée. Ces masses gigantesques, plus puissantes que la normale dans toutes leurs dimensions, résistent plus longtemps à la dissolution ; il en résulte que leur progression continuant toujours, elles descendent plus bas dans les vallées habitées. Si les névés sont maigres au contraire, ils ne peuvent pas donner naissance à des glaciers bien nourris ; les glaciers trop minces sont fondus dans toute leur épaisseur avant qu'ils arrivent dans la vallée, et leur front se retire en arrière. — Dans tout cela la température des années plus ou moins chaudes a incontestablement une certaine influence ; mais tout nous montre que cet effet est loin d'être le plus important. Actuellement les névés de la grande mer de glace des Alpes bernoises sont très affaissés : les glaciers qui s'en écoulent sont donc relative-

[1] Mon collaborateur, M. Ch. Dufour de Morges, a, dans la session de Saint-Gall de la Société helvétique des sciences naturelles, exprimé fort nettement le point de vue que j'ai développé dans les pages ci-dessus. « C'est une erreur de croire que l'avancement ou le recul d'un glacier est une conséquence de la quantité de neige tombée l'hiver précédent. Cette neige s'accumule dans les régions supérieures, et c'est seulement au bout d'un temps fort long que son action peut se manifester sur le front du glacier. » *Archives*, II, 527. Genève, 1879.

[2] F.-J. Hugi, *Alpenreise*, 1830, p. 370.

ment peu épais; lorsque cette masse de glace, qui sort actuellement trop peu épaisse du névé, arrivera à l'extrémité inférieure des glaciers, le front de ceux-ci se retirera. Cela aura lieu d'abord pour les glaciers les plus courts, ceux de Grindelwald par exemple. Le glacier de l'Aar qui est plus long le ressentira au bout d'un temps deux fois, le glacier d'Aletsch, au bout d'un temps trois ou quatre fois plus considérable. Supposons maintenant que, dans les années prochaines, les névés s'épaississent d'une centaine de pieds : les glaciers qui s'en écoulent seront plus puissants et il en résultera que chaque glacier, chacun au bout de sa période spéciale, recommencera à marcher en avant dans la vallée. On peut admettre que tous les glaciers ont à peu près la même vitesse d'extension et d'écoulement; si cette vitesse était connue, on pourrait pour chaque glacier, étant donnée sa longueur, calculer au bout de combien d'années se feront sentir ces variations qui pousseraient en avant, ou feraient reculer l'extrémité inférieure du glacier. »

Dans son second livre sur les glaciers, en 1842, Hugi précise encore mieux ses idées sur les variations des glaciers, en l'appuyant par un exemple[1]. Il tire du livre des chroniques de Grindelwald (*Pfarrbuch*) les renseignements suivants : De 1539 à 1563 il y eut presque sans interruption des hivers peu neigeux et souvent des étés fort chauds. De 1565 à 1580, au contraire une période d'hivers très neigeux; 1565, 1566, 1568, 1569, 1572, 1573, 1574, 1576, sont cités comme remarquables par leur rigueur ou leurs grandes chutes de neige; 1572 fut le plus terrible de tous. Pendant ce temps le glacier infé-

[1] Fr.-J. Hugi, *Das Wesen der Gletscher*. Stuttgart, 1842, p. 85.

rieur de Grindelwald subissait les variations suivantes. Tout d'abord dans le milieu du siècle vers 1540, une période de retraite extrême pendant laquelle le glacier ne dépassait pas les rochers supérieurs (die obern Flühe), la queue du glacier (Gletscherschweif) n'existant pas. Tandis que dès 1565 les névés ont dû s'accroître, ce n'est qu'en 1580 que le glacier commença à dépasser les rochers et à descendre dans la gorge ; en 1584 la chapelle de Sainte-Pétronille dont la cloche datait, dit-on, de 1044 fut renversée[1]; en 1588 une grange fut détruite; en 1593 le glacier, descendant jusqu'au village, envahit deux chalets et un grand nombre de granges, et repoussa le lit de la Lütschine noire et du Bergelbach. — « Cet exemple, » ajoute Hugi, « peut faire comprendre les périodes de progression du glacier de Grindelwald. En 1565 commença sur le névé la grande accumulation des neiges ; vingt ans après, en 1585 seulement, le glacier poussa dans la vallée ses masses puissantes. C'est l'année 1572 qui fut la plus abondante en neige, et ce n'est que 21 ans après que l'énorme accroissement du névé est descendu le long du glacier jusqu'à son extrémité inférieure, dans le village de Grindelwald. Après cette période, le glacier se retira, c'est-à-dire que la masse en excès des neiges étant arrivée dans la vallée s'y était fondue ; mais les chutes de neige des années subséquentes étant trop faibles, la mer de glace ne donnait plus naissance qu'à une queue de glacier fort maigre, qui se fondait au moment de son arrivée dans la vallée ; de là la retraite du glacier. »

[1] Voyez à ce sujet l'excellente critique que fait M. G. Studer de la légende de la cloche de Sainte-Pétronille, *Jahrbuch des schweiz. Alpen-Club*, 1880, XVI, 512, sq.

De toutes les variations des glaciers, les plus étonnantes et les plus importantes sont les variations gigantesques qui, au commencement de l'ère géologique quaternaire, ont fait cet immense accroissement des glaciers qui caractérise l'époque glaciaire.

Partis du sommet des Alpes, les glaciers ont à cette époque non seulement rempli les hautes vallées, mais ils sont descendus dans les basses vallées, ont comblé la plaine suisse sous une mer de glace de 1000 mètres d'épaisseur, sont venus battre contre le Jura qu'ils ont même traversé pour s'étendre, dans le moment de leur plus grand développement, jusqu'à Lyon d'un côté, jusqu'au centre de la Souabe de l'autre. Cette variation démesurée des glaciers n'a pas été limitée à la chaîne de nos Alpes; les Pyrénées, les Alpes scandinaves ont vu leurs glaciers prendre aussi un développement énorme; des chaînes de montagnes basses qui, actuellement, ignorent les neiges éternelles, les névés et les glaciers, ont à cette époque été envahies par les phénomènes glaciaires : montagnes d'Écosse, du pays de Galles, Vosges, montagnes d'Auvergne, etc.

Y a-t-il eu contemporanéité dans les variations des glaciers de ces différentes chaînes de montagne? Cela est probable.

Quant à la grande variation des glaciers des Alpes, elle s'est répétée à plusieurs reprises. On connaît au moins deux périodes de progression en avant ayant amené l'envahissement de la plaine suisse. Entre deux, une période de retraite assez prolongée pour que le dépôt fort épais des charbons feuilletés de Dürnten et d'Utznach ait eu le temps de se former.

Cherchons à appliquer à ces variations de l'époque

glaciaire les notions théoriques que nous venons de reconnaître dans les glaciers actuels.

Comment expliquer l'extension énorme des glaciers anciens ? Par les mêmes procédés que nous expliquons les variations actuelles.

De faibles variations dans les chutes de neige sur les névés occasionnent de nos jours des variations déjà très importantes sur la longueur des glaciers ; supposons des variations considérables dans la quantité annuelle des neiges, supposons ces variations prolongées pendant des périodes beaucoup plus longues que les courtes périodes actuelles, les variations de taille des glaciers deviendront extraordinaires.

Sans en rechercher la cause, cherchons quel serait l'effet d'une augmentation notable de la valeur annuelle des chutes de neige sur les névés des Alpes. Cet effet serait double.

1° Un effet direct sur l'alimentation des glaciers. Bientôt les glaciers, nourris par des névés plus épais, descendraient plus bas dans les vallées et chasseraient devant eux leurs moraines frontales à quelques kilomètres, à quelques lieues plus bas que dans l'état actuel. Le glacier du Rhône descendrait jusqu'à Obergestellen, jusqu'à Münster, jusqu'à Fiesch, jusqu'à Brigue. Il en résulterait que bientôt des glaciers, actuellement séparés, se souderaient à leur partie inférieure et se confondraient en un glacier commun. Les glaciers du Rhône, du Mutthorn, du Gries, de Fiesch et d'Aletsch, par exemple, ne formeraient plus qu'un fleuve de glace. Or, l'on sait par l'expérience du glacier de Vernagt, combien l'union de deux glaciers distincts augmente la vitesse d'écoulement et par suite la marche en avant.

En même temps, de plus grandes chutes annuelles de neige maintiendraient des neiges persistantes dans une bonne partie des hautes pentes qui, aujourd'hui, se dégarnissent chaque été; ces masses de neiges se convertiraient en névés et donneraient naissance à de nouveaux glaciers qui, se versant dans le glacier principal, en augmenteraient d'autant le débit et, par conséquent, l'extension en épaisseur et en longueur.

Comme conséquence directe de l'augmentation de la valeur annuelle des chutes de neige, nous aurions donc :

a. Alimentation plus forte du glacier par les névés actuels, d'où plus grande vitesse d'écoulement, d'où extension en longueur et en épaisseur du glacier.

b. Union de plusieurs glaciers aujourd'hui séparés, qui, joints ensemble, formeraient des fleuves de glace plus puissants, descendant par conséquent plus bas.

c. Élargissement des névés actuels et création de nouveaux névés, par conséquent participation au fleuve de glace de l'eau tombée sur un bassin d'alimentation beaucoup plus considérable, sur des parties qui, actuellement, ne contribuent en rien à l'alimentation du glacier.

2° Une augmentation notable des chutes de neige amènerait en second lieu un effet indirect sur les conditions du glacier par suite de l'abaissement de la limite des neiges éternelles.

La même quantité de chaleur, émanant directement du soleil ou apportée par les vents chauds, étant appliquée à la fonte des neiges, plus la surface glacée est considérable, moins épaisse est la couche fondue dans un été. Si donc, par suite de plus fortes chutes de neige, la superficie des neiges éternelles est accrue, leur épaisseur diminuera moins et leur limite inférieure sera abaissée. Il y aura re-

froidissement notable du climat de la région alpine, par suite de la diminution de la surface des rochers et terrains dégarnis de neige qui réchauffent l'air par rayonnement de la chaleur reçue directement du soleil; il y aura abaissement des lignes isothermiques.

Il en résultera une augmentation des champs des névés et du bassin d'alimentation des glaciers; nombre de vallées, aujourd'hui dégarnies de neiges, seront remplies par des névés et deviendront de nouvelles sources de glaciers.

Le refroidissement du climat des hautes Alpes, l'abaissement de la limite des neiges éternelles, est donc une conséquence nécessaire de l'augmentation des chutes de neige. A mesure que les glaciers, s'allongeant, rempliront les vallées basses et diminueront la surface des terrains non neigeux qui peuvent se réchauffer au-dessus de zéro, à mesure aussi la limite des neiges s'abaissera et le bassin d'alimentation des glaciers s'augmentera. Le bassin d'alimentation s'augmentant, le débit du fleuve glacé s'accroîtra et la longueur du glacier s'étendra. Il y aura action et réaction de la longueur des glaciers sur leur alimentation; l'une et l'autre pourraient donc s'accroître d'une manière presque indéfinie.

On pourrait objecter que l'abaissement de température devrait mettre une limite à cette extension indéfinie des glaciers, en amenant une diminution des chutes de neige sur les hautes montagnes; plus l'air est froid, moins il contient de vapeur d'eau; dans les climats très froids, les chutes de neige sont très faibles. Il est vrai que par suite de l'abaissement des isothermes que nous venons de constater, les sommets des hautes Alpes recevront probablement moins de neige, les condensations se feront sur la

périphérie et la neige tombera surtout sur les sommets secondaires, aujourd'hui dépourvus de glaciers. Mais si par suite de l'envahissement général des glaces, ces sommets secondaires sont garnis de névés dont les glaciers se joignent aux glaciers principaux, l'effet général sera le même, et toute cette neige contribuera à l'alimentation du glacier.

Ainsi, augmentation directe de l'alimentation du glacier par de plus fortes chutes de neige, augmentation indirecte, extension du bassin d'alimentation par suite de l'abaissement des isothermes, ces deux actions réagissant l'une sur l'autre, il semble que l'on aurait assez pour expliquer les variations de l'époque glaciaire et la transformation de notre pays en une espèce de Groënland. Si donc l'analyse que nous venons de faire ne nous égare pas, à la base de l'explication du grand développement des glaciers de l'époque glaciaire, il y a lieu de rechercher simplement une modification du climat dans le sens d'une augmentation des chutes de neige.

Quelles combinaisons climatériques amèneraient à ce résultat? Il serait facile de montrer qu'il suffirait pour cela d'avoir des hivers doux et humides, des étés froids et humides. Ayons pendant un siècle ou deux un état climatérique dont la moyenne nous donne ce qui est aujourd'hui l'extrême en fait d'humidité et, sans autre, nous aurons une nouvelle époque glaciaire. Telle est la conclusion dont il me serait difficile de prouver par des chiffres la justesse, mais qui me semble résumer les faits connus.

La même explication serait valable pour les autres chaînes de montagnes qui possèdent actuellement des glaciers : Pyrénées, Alpes scandinaves.

Quant aux montagnes qui, actuellement, n'ont plus de

glaciers et qui ont été couvertes à l'époque glaciaire : Vosges, Cévennes, montagnes d'Écosse et du pays de Galles, nous sommes obligés de faire une distinction. L'exemple de l'Écosse et du pays de Galles, les contrées de l'Europe les plus pluvieuses, nous montre que la plus grande abondance d'eau ne suffit pas pour créer des glaciers; il faut qu'une proportion suffisante de cette pluie tombe en neige. La chute d'eau annuelle est dans ces régions montagneuses de la Grande-Bretagne double ou triple de ce qu'elle est en Suisse, et cependant il n'y a point de glaciers. Pour expliquer le développement de l'époque glaciaire dans ces contrées, il est donc nécessaire de faire intervenir aussi l'abaissement général de la température de l'Europe, qui a été la conséquence nécessaire de l'établissement des immenses glaciers des Alpes et de la Scandinavie.

RECHERCHES

SUR

L'INFLUENCE DE LA HAUTEUR

SUR LA RESPIRATION

PAR

M. le Dr William MARCET
Membre de la Société Royale de Londres, membre correspondant de la Société de Biologie de Paris, membre correspondant de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, etc., etc.

Le travail décrit dans les pages suivantes n'est pas sans actualité. En effet, le grand développement des clubs alpins et l'intérêt, on pourrait le dire, presque récent des questions alpestres, ont donné une importance nouvelle à l'étude des phénomènes de la vie, tels qu'ils se passent à de grandes hauteurs.

L'homme est constitué de telle manière que ses fonctions, dans de certaines limites, puissent s'accommoder aux conditions physiques dans lesquelles il se trouve. Un hivernage dans les régions polaires, sous des conditions hygiéniques convenables, ne porte aucunement atteinte à la santé (quoiqu'on ne puisse pas en dire autant d'un second ou d'un troisième). L'armée anglaise aux Indes s'habitue aux conditions atmosphériques de ce pays. Il en est de même quant à la hauteur au-dessus de la mer où l'homme peut exister et vivre en bonne santé, malgré la faible pression barométrique. Sur les Montagnes Rocheu-

ses, on trouve des villes à 3000 mètres telle que Fairplay, dans le Colorado; le Sanatorium de Dittighur, dans l'Himalaya, est à 4700m (Lombard), et la ville de Potosi à 4166m (Lombard) au-dessus de la mer. Les ascensionnistes se demandent jusqu'à quelle hauteur l'homme peut parvenir, et c'est là une question à laquelle il n'est pas facile de répondre.

Les expéditions des aéronautes ne donnent qu'une idée très imparfaite de l'influence qu'exerce l'altitude des montagnes sur l'homme. En effet, le corps en ballon est sujet à un repos presque complet et par conséquent demande beaucoup moins d'oxygène que lorsqu'il est en mouvement; puis l'aéronaute peut se trouver enlevé dans quelques minutes à une hauteur prodigieuse, et il est parfaitement impossible que ses fonctions, et surtout celles de la respiration, aient le temps de s'accommoder à ces changements d'une nature si brusque. Mais, la dépression barométrique n'est pas la seule circonstance dont l'influence se fasse sentir dans de telles ascensions; les changements subits de température que l'on éprouve doivent produire un effet physiologique très marqué, et de plus, l'augmentation de l'évaporation cutanée et pulmonaire, à mesure qu'on s'élève, ajouteront aux circonstances tendant au refroidissement du corps. Ces influences demandent à être prévenues par une augmentation de combustion animale, et l'oxygène fait défaut, de là nouvelle source de danger. Les deux ascensions en ballons les plus élevées furent celles de MM. Glaisher et Coxwell, le 5 septembre 1862, dans laquelle ils atteignirent une hauteur de 8839m (Travels in the air, Glaisher), M. Glaisher perdant connaissance à cette altitude. La seconde fut celle du 22 mars 1874, dont les résultats furent si désastreux

et coutèrent la vie à MM. Sivel et Croce Spinelli ; la hauteur atteinte fut de 8600 mètres, le baromètre indiquant de 264 à 262mm. M. Tissandier, dans cette même expédition, perdit ses forces à 7450m, au point d'être incapable de faire aucun mouvement. Il dit dans sa narration : « Quant à moi, j'étais appuyé dans l'angle de la nacelle « où je me soutenais grâce à cet appui. Je ne tardai pas « à me sentir si faible que je ne pus même pas tourner « la tête pour regarder mes compagnons. » Il perdit « connaissance à 8000 mètres[1].

Dans cette ascension, le ballon monta avec une très grande rapidité et le changement subit de la pression atmosphérique doit compter pour beaucoup dans la cause de l'asphyxie fatale de ces deux aéronautes. Cependant, si l'on compare ces deux ascensions, on s'apercevra d'emblée que la limite apparente de l'altitude à laquelle l'homme peut exister dans le repos complet se trouve entre 8000 et 9000 mètres.

M. Paul Bert, dans son ouvrage admirable sur la pression barométrique, rapporte qu'ayant soumis des moineaux à divers degrés de dépression atmosphérique, il observa que vers 25 centimètres l'animal commence à vomir, à osciller sur ses pattes, et, la limite de la vie est atteinte d'ordinaire sous une pression de 17 à 18 centim. Il remarqua aussi qu'avec des précautions convenables, il est possible de reculer la limite de décompression atmosphérique, mortelle pour ces oiseaux à 10 centim. En allant brusquement, au contraire, on peut voir les troubles survenir beaucoup plus tôt et, par exemple, la mort arriver tout à coup entre 25 et 30 centim.; il en est de même lorsque l'animal s'agite.

[1] Paul Bert, *La pression barométrique.*

Les résultats s'accordent parfaitement avec le degré de dépression si funeste auquel furent soumis d'une manière très subite MM. Tissandier, Sivel et Croce Spinelli; la mort, en effet, survint dans ce cas sous une pression de 25 à 26 centimètres.

La plus haute montagne du globe, le Mont Everest, dans la chaîne de l'Himalaya, s'élève à une hauteur de 8773 mètres, — à très peu de chose près celle qu'atteignirent MM. Glaisher et Coxwell (8839^{m}) et celle où parvinrent M. Tissandier et ses compagnons (8600^{m}). On se demande si, les difficultés physiques de l'ascension, étant regardées comme vaincues, il serait possible d'arriver au sommet où l'on trouverait une pression barométrique d'environ 254 millim. Or, comme je viens de le faire remarquer, M. Bert conclut, d'après ses expériences, que la limite de l'existence est atteinte sous une pression de 17 à 18 centim. dans le cas d'une raréfaction graduelle, et sous 25 à 30 centim. pour un abaissement de pression rapide. Il sera donc presque impossible que, même sous les conditions les plus favorables, l'homme puisse jamais fouler aux pieds la cîme de cette montagne.

Les détails les plus intéressants que nous possédions sur l'effet de la dépression atmosphérique dans des ascensions de montagnes à de grandes hauteurs se rapportent au voyage de Sir Douglas Forsyth pendant son passage des montagnes de Cachemir, en route pour Kashgar avec une mission diplomatique du gouvernement britannique, et de M. Edward Whymper, dans ses ascensions récentes du Chimborazo, du Cotopaxi, et d'autres montagnes très élevées dans la chaîne des Cordillères.

Les citations qui suivent sont extraites de la narration de l'expédition de Sir Douglas Forsyth, publiée en 1873 par le docteur George Henderson et Allan O. Hume, qui

firent partie de cette expédition. « Nous passâmes le col « de Chang-la (18000 pieds = 5486 mètres) le 10 mai « et parcourûmes une distance de 16 milles qui nous sé- « parait du lac Chortak ; ce fut la première fois que « presque tout le monde dans le camp souffrit de la ra- « reté de l'air. Les observations suivantes, faites après « une demi-heure de repos au point culminant, ne seront « peut-être pas sans intérêt.

« Le 10 juillet, baromètre mercuriel 15,73 pouces « (399 millim.), thermomètre attenant au baromètre « 61° F. (16° cent.), température de l'eau bouillante « 181°F.(82°,8 cent.). Quand j'arrivai au camp, la plupart « des gens de ma suite se plaignaient de mal de tête, et « je trouvai plusieurs des porteurs thibétains étendus « sans force sur le chemin. Interrogés sur leur mal, ils « placèrent une main sur la tête et de l'autre ils arra- « chèrent un fragment d'arthemicia, plante répandant « une forte odeur, faisant comprendre que c'était là la « cause de leurs souffrances.

« Plusieurs voyageurs m'ont dit que les hommes qui « les accompagnaient ont souffert davantage sur ce col « que sur d'autres beaucoup plus élevés. Nous établîmes « notre camp pour la nuit près d'un joli petit lac d'eau « douce, à 300 pieds au-dessous du sommet du col. Les « symptômes pénibles, dus à la rareté de l'air, ne se dis- « sipèrent que le jour suivant après que notre altitude « eut considérablement diminué. Quant à moi, même à « une hauteur de 19600 pieds (5974 mètres), je n'ai « jamais ressenti d'autres inconvénients qu'une respira- « tion quelque peu courte (a little shortness of breath), « après un fort exercice, ajoutez à cela que je me réveil- « lais la nuit de temps en temps avec un sentiment

« d'étouffement que je faisais passer le plus souvent en
« prenant quelques inspirations profondes. Chez plusieurs
« des membres de notre société, les symptômes revêtirent
« un caractère grave et même alarmant. Le mal de tête
« fut intense et accompagné de prostration complète
« d'esprit et de corps, et d'un tel mal de cœur qu'il leur
« était impossible de garder dans l'estomac même une
« cuillerée à café d'eau froide. Un autre symptôme se
« montra sous la forme d'une grande irritabilité de carac-
« tère, et, dans quelques cas, les lèvres devinrent bleues.
« Chez M. Shaw, le thermomètre démontra un abaissement
« de température de 1 à 2 degrés (Fahrenh.), comparé
« à la température des jours précédents. Je n'ai aucun
« doute que les effets ressentis à de grandes hauteurs
« sont très temporaires, et que, comme le mal de mer, on
« peut les surmonter par l'habitude ; on les perçoit sur-
« tout lorsqu'on s'élève rapidement à de grandes hau-
« teurs. Le 11 juillet, nous atteignîmes Dargu à 12 milles
« de là et 2000 pieds plus bas que le lac où nous avions
« campé. Dans cet endroit, les maux de tête et les vo-
« missements se dissipèrent rapidement. »

L'automne dernier, M. Whymper revenait de ses fameuses ascensions dans la chaîne des Andes où, à force de persévérance, il réussit à gagner le sommet du Chimborazo, du Cotopaxi (5959^{m}) et de plusieurs autres montagnes que personne n'avait encore atteintes. Le point culminant du Chimborazo se trouve à 20517 pieds (6253^{m}) au-dessus de la mer et fut l'objet de deux ascensions de l'intrépide montagnard.

Dans la première, la rareté de l'air opposa un obstacle sérieux aux progrès de la caravane, et il fallut séjourner à plusieurs reprises à mesure que l'on s'élevait, afin de

s'habituer à la légèreté de l'atmosphère. La seconde ascension se fit sans difficulté et les ascensionnistes étant rompus à l'état de la pression barométrique, n'en subirent aucune influence délétère.

Ayant écrit à M. Whymper pour lui demander certains détails sur son expédition, il eut l'extrême obligeance de m'adresser quelques observations très intéressantes que je m'empresse de reproduire :

« La première personne qui ait souffert de la rareté « de l'air pendant ce voyage s'est trouvé être M. Whym- « per qui, en descendant d'une hauteur de 14000 pieds « (4267^{m}), à 13500 pieds (4115^{m}) perdit connais- « sance presque entièrement à cette dernière station ; les « symptômes principaux du mal dont il se ressentit fut « de la fièvre et une douleur de tête intense. Il se remit « entièrement en moins de 24 heures, étant descendu « pendant ce laps de temps au-dessous de 9000 pieds « 2743^{m}) et n'eut aucun retour de ce malaise jusqu'à « ce qu'il eut atteint à une élévation de 16500 pieds « (5029^{m}) sur le Chimborazo. Lui-même et ses monta- « gnards (les frères Carrel) devinrent alors tous trois « incapables de faire aucun mouvement (almost equally « helpless) pendant deux jours ; au bout de ce temps, « les Carrel (guides de Val Tournanche) furent en état « de marcher et, le 29 décembre 1880, ils atteignirent « une altitude de presque 19000 pieds (5782^{m}), reve- « nant le même soir au second camp (16500 pieds), à « peine capables de se traîner. Il en résulta que M. Whym- « per se trouva pendant un certain temps le plus vigou- « reux des trois ; au bout du cinquième jour, à partir de « la première attaque (à 16500 pieds), lui et ses mon- « tagnards avaient recouvré les forces à un degré à peu

« près semblable. A dater de cette époque, pendant leur
« séjour sur le Chimborazo, c'est-à-dire durant plus de
« dix-sept jours qu'ils passèrent à 16500 pieds (5029^{m})
« et au-dessus, les effets de l'altitude se dissipèrent peu
« à peu et il n'y eut pas de retour sur cette mon-
« tagne des symptômes les plus graves; cependant,
« M. Whymper insiste d'une manière très positive sur le
« fait qu'il éprouva pendant ce temps le sentiment d'une
« dépression de forces physiques, accompagné d'un très
« grand désir de s'asseoir au lieu de continuer sa marche.

« Il ne se représenta aucun symptôme très marqué
« jusqu'à l'ascension du Cotopaxi (altit. 5959^{m}); au
« sommet de cette montagne, où les voyageurs passèrent
« 26 heures consécutives, M. Whymper se trouva légè-
« rement indisposé; le plus jeune des Carrel fut plus
« malade que lui, tandis que l'aîné échappa entièrement.
« Depuis ce temps-là, il n'y eut aucun retour des symp-
« tômes graves, mais tous les membres de l'expédition se
« ressentirent aux plus grandes altitudes d'une perte de
« forces musculaires. »

Ce fut en 1874 que j'eus l'idée d'entreprendre une série de recherches sur l'influence de la hauteur sur les fonctions respiratoires. De nombreuses courses de montagnes et le changement des conditions physiques sous lesquelles on se trouve à mesure que l'on s'élève au-dessus de la mer avaient amené chez moi un vif désir d'étudier cette question. Mes recherches furent commencées en 1875 et depuis lors je n'ai pas manqué de les continuer chaque saison d'été [1]. Je dois cependant reconnaître

[1] Mes résultats furent communiqués sous forme de courts résumés à la Société royale de Londres et publiés dans les *Proceedings* de la Société pour 1878, 1879 et 1881.

d'emblée que cette étude s'est trouvée être beaucoup plus difficile que je ne l'avais imaginée, et que je ne la considère point encore comme près d'être achevée. Il fallait d'abord trouver un moyen de recueillir l'air expiré et de reconnaître exactement son volume dans un temps donné. Ensuite, il s'agissait d'adopter une bonne méthode pour déterminer l'acide carbonique expiré, tout en permettant l'usage d'appareils portatifs.

Un sac de toile de caoutchouc me parut au premier abord le meilleur récipient pour recueillir l'air des poumons, mais il présentait deux objections : La première, que les expériences de Graham ayant démontré la perméabilité du caoutchouc pour l'acide carbonique par voie de diffusion, je ne pouvais être certain que mon sac ne perdît aucune proportion de ce gaz expiré avant que l'on ait pu le soumettre au dosage. La seconde objection se trouvait être la difficulté de déterminer avec assez d'exactitude la capacité du sac sous une pression donnée.

La première de ces objections ne pouvait être résolue qu'expérimentalement, je fis donc une série d'expériences consistant à laisser le sac plein d'air expiré, librement exposé à l'atmosphère pendant un certain temps, dosant l'acide carbonique contenu dans l'air du sac avant et après. Voici les chiffres obtenus :

Expériences.	CO_2 expiré par minute. (Avant d'avoir attendu.)	Temps pendant lequel le sac fut exposé à l'air.	CO_2 (Après avoir attendu.)	Différence pour cent.
I.	0,451	25 minutes.	0,454	0,66
II.	0,411	27 »	0,407	0,97
III.	0,382	50 »	0,380	0,52
IV.	0,462	30 »	0,469	1,5

Il résulta donc clairement de ces expériences que mon sac ne perdait pas notablement d'acide carbonique par voie de diffusion dans le courant de 50 minutes, temps plus que suffisant pour une expérience.

Le dosage de la capacité de mes sacs me donna beaucoup d'embarras; mais, comme dans les expériences relatives à chaque année je me suis servi du même sac, les résultats obtenus à chacune de ces époques sont de nature à être comparés en confiance les uns avec les autres. Je suis arrivé pourtant à obtenir un chiffre sur lequel je pouvais compter pour le volume du sac employé dans mes expériences à dater de 1878 inclusivement; soit en dosant au moyen d'un récipient à gaz gradué duquel je chassais l'air dans le sac en ajoutant de l'eau, soit au moyen d'une cloche graduée suspendue au-dessus d'un réservoir plein d'eau et munie d'un contrepoids de manière à comprimer l'air qu'elle contenait au degré voulu.

Pour le dosage de l'acide carbonique, j'admis le principe de la méthode bien connue de Pettenkofer; suivant ce procédé on détermine, par voie volumétrique, la proportion d'hydrate de barium (ou plutôt d'acide carbonique équivalent à cet hydrate) contenue dans un volume donné de l'air avant et après qu'il ait été soumis à 100 centimètres cubes du liquide alcalin. Cette opération donne de très bons résultats, mais exige toutes sortes de précautions; il me fut surtout difficile d'obtenir de l'eau distillée sans traces d'acide carbonique. J'établis chez moi un alambic en cuivre d'un volume suffisant pour donner 7 à 8 litres d'eau distillée par opération; il me fallait jeter les deux ou trois premiers litres que je trouvais contenir de cet acide.

J'ai décrit, dans les *Archives des sciences physiques et*

naturelles pour 1878[1], le récipient dont je me servais alors pour traiter l'air expiré avec la dissolution de barium et je le figurai dans cette communication. Depuis lors, j'ai beaucoup perfectionné cet instrument, en même temps que j'ai donné à mes résultats plus d'exactitude. Le récipient était un tube ou cylindre en verre, d'une contenance d'environ 1 $^1/_2$ litre, mais jaugé avec soin. Il se trouvait fermé par deux bouchons en caoutchouc percés de trous pour laisser passage à certains tubes; et l'air était aspiré du sac dans ce cylindre au moyen d'eau dont on le remplissait préalablement. Il en résultait que le tube restait mouillé après que l'eau s'était entièrement écoulée. Cette faible couche d'eau adhérente au verre quelque petite qu'elle fût se montait pourtant en moyenne à 3,3 centim. cubes, et s'ajoutant aux 100 centim. cubes de la dissolution de barium, produisait une erreur en plus dans le résultat entre 5 et 6 $^0/_0$ du véritable chiffre, demandant par conséquent une correction.

J'ai substitué à l'aspiration avec l'eau, l'aspiration par le vide et fait construire un tube ou cylindre en verre épais dans les ateliers de « La Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, » dans lequel je pouvais opérer le vide à environ 40^{mm} au moyen d'une pompe aspirante. Ce tube se trouva jauger exactement deux litres, la surface des sections aux extrémités était usée à l'émeri, et deux plaques de verre également usées venaient fermer le tube hermétiquement. Les plaques de verre furent percées de trous donnant passage aux mêmes instruments que ceux qui traversaient les bouchons de caoutchouc dans le premier appareil.

[1] *Archives*, 1878, t. LXII, p. 240.

Les orifices de la plaque supérieure portaient : 1° un tube à robinet sur lequel se vissait un manomètre; 2° un tube à robinet qu'on mettait en rapport avec le sac en caoutchouc contenant l'air à analyser; 3° la tige d'un thermomètre.

Chacun de ces deux tubes servait à deux buts. Le premier de ces tubes, une fois le cylindre rempli d'air expiré, était débarrassé du manomètre qu'on dévissait, et au manomètre on substituait le petit sac en caoutchouc décrit dans un précédent mémoire, et destiné à recevoir l'air déplacé par les 100 centimètres cubes de la dissolution alcaline. Le second tube, après avoir servi à l'introduction de l'air du sac, recevait ensuite à frottement juste l'extrémité de la pipette contenant la liqueur de barium. Le cylindre était placé verticalement sur un trépied, la plaque de verre servant d'obturateur à l'ouverture inférieure n'était percée que d'un trou dans lequel se fixait un tube à robinet mis ensuite en communication avec la pompe par un tuyau. Cet instrument servait parfaitement au but que je me proposais. Il était portatif et se plaçait avec ses accessoires dans une boîte à compartiments d'un transport facile, et de plus il présentait ce grand avantage que les résultats donnés ne demandaient aucune correction et pouvaient être acceptés d'emblée comme parfaitement exacts.

Voici, en quelques mots, comment je procédai : après m'être assis, et après avoir attendu quelques instants pour me mettre dans les conditions physiologiques de l'expérience, je commençai par noter le nombre de mes expirations à l'air libre dans trois minutes; puis je plaçai contre la figure un masque semblable à ceux dont on se sert pour l'inhalation des anesthésiques. Ce masque était

muni de deux soupapes très mobiles dont le jeu admettait l'air extérieur dans les poumons et faisait passer l'air expiré dans le sac. Au moyen d'une montre (à minutes et à secondes seulement) pourvue d'un arrêt, on pouvait déterminer exactement le temps qu'il fallait pour remplir le sac. Le sac était muni de trois tubulures; à l'une d'elles on fixait un tube en caoutchouc le reliant avec un manomètre à eau; dans la seconde on introduisait un thermomètre passant à frottement juste au travers d'un tuyau en caoutchouc, de un ou deux centimètres de longueur, et glissé sur la tubulure, et la troisième, d'un diamètre suffisamment fort, était reliée au masque.

La personne en expérience tenait le masque appuyé contre la figure avec une pression suffisante pour qu'il n'y ait aucune fuite entre les rebords bourrelés du masque et la peau, ce qui, du reste, n'était pas difficile à faire.

Les soupapes du masque, quelque délicatement construites qu'elles aient pu l'être, opposaient bien une gêne très légère à la respiration; mais il fallait peu de temps pour s'y habituer, et alors la respiration devenait aussi facile qu'à l'air libre. Je pus cependant établir une différence entre le nombre moyen d'expirations par minute faites avec et sans le masque. Les chiffres suivants indiquent ces rapports tels qu'ils se sont rencontrés dans mes dernières expériences sur moi-même et sur M. Élie David qui a bien voulu me prêter, avec grande intelligence, son concours obligeant dans la dernière série de ces expériences :

Expirations par minute avec le masque.		Expirations par minute à l'air libre, sans masque.	Rapports.
MOI-MÊME.			
Yvoire	9,3	11,4	1,23
	8,3	11,6	1,40
Courmayeur	9,9	12,9	1,30
Col du Géant	13,9	15,6	1,12
		Moyenne...	1,26
M. DAVID.			
Yvoire	16,8	12,7	0,75
Courmayeur (1re série)	16,5	12,1	0,73
Col du Géant	24,4	20,6	0,84
		Moyenne...	0,77

Il est donc clair que le fait d'expirer l'air des poumons dans un sac, en faisant jouer des soupapes même très mobiles, produit un effet marqué sur la fréquence de la respiration, la diminuant dans des certains cas, et l'augmentant dans d'autres; mais, une fois l'habitude prise, le rapport entre la fréquence respiratoire avec et sans le masque n'est pas loin d'être le même pour chaque personne.

J'ai fait construire récemment un spirographe sur le principe d'un gazomètre. Le récipient de cet appareil est équilibré si exactement qu'il est possible d'expirer jusqu'à plus de 90 litres d'air dans la cloche sous une pression nulle. Le secret de cet équilibre de la cloche dont le poids change à mesure qu'elle s'élève hors de l'eau ou qu'elle s'abaisse, se trouve dans un bras de levier par-dessus lequel passe un cordon portant un contrepoids; ce bras de levier est disposé de manière à augmenter de longueur à mesure que la cloche monte et vice versa.

On se sert de ces gazomètres, mais avec des dimensions

beaucoup supérieures, dans le bureau du contrôle des compteurs à gaz à Londres où je les vis pour la première fois. J'ai ajouté un système d'enregistrement graphique au moyen d'un cylindre tournant par un mouvement d'horlogerie sur lequel un pinceau chargé d'encre et en rapport avec la cloche marque un trait à mesure que la cloche s'élève, et donne la courbe respiratoire.

Une série d'expériences faites en expirant l'air de mes poumons dans la cloche, avec l'intermédiaire du masque et des soupapes, comme dans mes expériences, a produit (moyenne de cinq expériences de trois minutes chacune) 8,5 litres par minute, et d'autres observations faites sans le masque, en inspirant à l'air libre ont donné 7,9 litres par minute (moyenne de quatre expériences). Dans ce dernier cas, je tins le tuyau d'arrivée dans la cloche comprimé entre le pouce et l'index pendant l'inspiration, pour éviter toute fuite possible, et j'appliquai la bouche sur l'orifice du tuyau en me tenant le nez pour l'expiration. Ainsi donc, l'expiration dans le sac, au travers du masque muni de ses soupapes donnait lieu à la respiration d'un volume d'air un peu plus fort qu'à l'air libre dans la proportion d'environ 1 à 1,1.

On dit souvent qu'il est impossible de respirer régulièrement en expirant l'air des poumons par un récipient; à cela je répondrai que si dans ce cas quelques respirations sont plus promptes que la moyenne, celles qui suivent seront proportionnellement plus lentes et, si pendant un instant le volume d'air expiré est un peu en excès de la moyenne, il sera proportionnellement au-dessous un moment après. Il est facile, avec un peu d'habitude, de respirer avec régularité; mais la fréquence respiratoire, quelque régulière qu'elle soit, peut varier beaucoup suivant les individus.

Avant d'aborder les questions que je me propose de traiter, je demanderai à faire remarquer : 1° que dans mes expériences j'ai considéré la proportion d'acide carbonique normale dans l'atmosphère comme la même à toutes les stations et à toutes les hauteurs, et je n'en ai pas tenu compte. Je n'ignore cependant pas que de Saussure et les frères Schlagintweit ont observé que les couches supérieures de l'atmosphère contiennent plus d'acide carbonique que les inférieures (Lombard, *Climatologie médicale*) mais que, d'après M. P. Trochut (*Comptes rendus*, 1853), elles en contiendraient moins; 2° il est bien connu que le volume d'air expiré est un peu moins fort que le volume d'air pris dans l'inspiration correspondante, la différence se montant à $^1/_{40}$ à $^1/_{50}$ du volume de l'inspiration (Michel Forster, *Physiologie*, p. 228). Je ne prendrai pas non plus cette circonstance en considération lorsque je citerai des volumes d'air *expirés* comme représentant les volumes d'air qu'il a fallu pour produire un certain poids d'acide carbonique; cette locution n'est pas tout à fait exacte, mais comme je m'en suis tenu à déterminer l'air *expiré* et non *inspiré*, il m'a fallu l'adopter par mesure de simplification; 3° une certaine quantité d'acide carbonique est éliminée du corps par la peau, il est très probable que cette quantité augmente à mesure que l'on s'élève au-dessus de la mer et que la pression atmosphérique diminue. Suivant Scharlin, elle s'élève à 10 grammes, d'après Aubert elle serait de 4 grammes (Michel Forster). Si l'on considère que l'acide carbonique expiré par les poumons se monte à environ 0,5 grammes par minute, soit 720 grammes dans 24 heures, la proportion éliminée par la peau serait de 0,2 à 1 %, dont je ne me suis pas occupé dans ce travail; 4° le volume

d'air respiré au travers du masque muni de soupapes dont je me suis servi dans mes expériences se trouvant un peu plus élevé que si la respiration s'était faite à l'air libre, cette circonstance est de nature à expliquer le fait que dans mes expériences les proportions d'acide carbonique dans l'air expiré sont en général plutôt plus faibles qu'on ne les cite dans les traités de physiologie.

Je demanderai maintenant à établir l'influence sur la respiration des phénomènes physiques et physiologiques auquel l'homme peut être soumis, tout en faisant intervenir celle de l'altitude dans l'examen de ces questions. Les phénomènes dont il s'agit sont :

1° La digestion ;

2° La température atmosphérique ;

3° Les mouvements musculaires.

I. *Influence de la digestion ou de la nourriture.*

L'influence directe de la nourriture sur la combustion animale est très marquée, comme on le verra dans le tableau suivant :

Expériences faites en 1877.

Temps écoulé après un repas.	Moyenne des hautes altitudes 3137 mètres.	Nombre d'expériences.	Température moyenne de l'air.	Altitude basse 375 mètres.	Nombre d'expériences.	Température moyenne de l'air.
	CO_2			CO_2		
De 0 à 1 heure	0,478	5	7.6 C.	0,434	6	13.3 C.
1 à 2 »	0,455	10	9.0	0,447	4	13.9
2 à 3 »	0,436	11	8.3	0,413	11	13.9
3 à 4 »	0,440	5	8.2	0,392	6	14.8
4 à 6 »	0,431	8	7.9	0,395	4	15.7

D'après ce tableau, dans les expériences faites sur les

montagnes à une hauteur moyenne de 3137 mètres, le maximum d'acide carbonique est expiré pendant la première heure après un repas. Dans la région basse, à 375 mètres, on observe ce maximum pendant la seconde heure après le repas. Le D[r] Edward Smith (*Phil. Trans.*, 1859) qui a laissé des recherches très intéressantes sur l'influence de la nourriture sur la respiration, constate ce maximum entre 1 $^1/_2$ heure et 2 $^1/_2$ heure après avoir mangé ; mes résultats peuvent être considérés comme d'accord avec les siens.

Dans une série d'expériences que je fis sur l'île de Ténériffe, l'acide carbonique expiré se répartit par rapport à l'heure des repas d'après le tableau suivant :

Heures après le repas.	3261 mètres.	2161 mètres.	Bord de la mer.
	CO_2	CO_2	CO_2
0 à 1	0,534 (3)	0,374 (1)	0,467
1 à 2	0,502 (8)	0,497 (6)	0,496
2 à 3	0,472 (5)	0,486 (4)	0,498
3 à 4	0,435 (4)	0,424 (6)	0,448
4 à 6		0,398 (2)	0,384

(Les nombres entre parenthèses correspondent à ceux des expériences.)

Dans ce tableau, le maximum d'acide carbonique est expiré à la plus grande hauteur pendant la première heure après le repas, à la hauteur intermédiaire et au bord de la mer, pendant la 2[me] ou la 3[me] heure après ce moment. Quant à la série précédente faite sur les Alpes, le maximum dans les grandes hauteurs se rencontre pendant la première heure après le repas, et dans les régions basses pendant la deuxième heure. Il paraîtrait donc que la digestion se fait plus vite à la montagne que

dans les plaines ou au bord de la mer, ce qui du reste est parfaitement d'accord avec les observations médicales sur la tendance que présenterait la digestion à augmenter d'activité sur les hauteurs.

Dans mes expériences de 1880, l'influence de la nourriture est encore clairement marquée dans mon cas, quoique dans celui de mon compagnon, M. David, cet effet ne se fasse guère sentir. J'attribue ce phénomène à un état de lenteur de sa digestion qu'il a constaté lui-même depuis longtemps.

Mes expériences de 1880 ne sont pas du reste assez nombreuses pour donner des résultats détaillés à ce sujet.

Influence de la température sur l'expiration de l'acide carbonique.

La température de l'air contrôle la combustion animale d'une manière très marquée. On peut dire d'emblée que le froid augmente l'oxydation du carbone dans le corps et que la chaleur la diminue. Cela, du reste, n'est que très naturel, puisque un des buts de la formation de cet acide carbonique est d'entretenir le corps à une température normale de 37° C.

Je commencerai par montrer que dans les Alpes, à une même altitude, les fluctuations dans la quantité d'acide carbonique qu'on respire dépendent surtout des changements de température.

Dans le tableau suivant, les expériences sont divisées en deux groupes pour chacune des stations, chaque groupe comprenant un même nombre d'expériences. L'un d'eux correspond aux températures les plus hautes et l'autre aux plus basses (pour chaque station respective) :

Stations.	Température moyenne.	CO_2 expiré.	Nombre d'expériences.
Le Riffel..........	9.3° C.	0,491	10
	4.0	0,418	10
Col Saint-Théodule..	2.3	0,458	7
	5.8	0,439	7

Ce tableau montre qu'à chaque station une augmentation de froid était accompagnée d'un excès de combustion animale et vice versa.

Au Riffel, je m'étais assis pour faire mes expériences en dehors de l'hôtel; j'avais très froid, sans cependant que la température de l'air fût remarquablement basse; il soufflait un vent désagréable et la pluie tombait en fortes averses. Mon acide carbonique subit une augmentation considérable dans ces conditions-là et j'expirais 491 milligrammes contre 418 milligrammes à une plus haute température sous des conditions physiques plus supportables. D'un autre côté, pendant la plupart de mes expériences au col St-Théodule, il faisait beau temps et je me plaçai accidentellement au soleil, ce qui apparemment diminua considérablement l'acide carbonique expiré.

Les expériences faites sur moi-même et sur M. Élie David en 1880 à Yvoire (lac de Genève), à Courmayeur et au col du Géant, lorsque j'eus perfectionné ma méthode de recherches, m'ont donné des résultats d'une précision tout à fait inattendue au sujet de l'influence de la température sur la combustion animale. Laissant de côté, pour le moment, les travaux faits au sommet du col du Géant, auxquels nous avons consacré trois journées, j'espère pouvoir établir clairement et nettement l'influence de la température sur la quantité d'acide carbonique que nous avons expiré à Yvoire et à Courmayeur.

La première série d'expériences auxquelles je me soumis à Yvoire en 1880 fut entreprise le 27 et le 28 août; la température de l'air était encore passablement élevée, puisqu'elle se montait à 21° à l'ombre. J'expirai alors en moyenne 504 milligrammes d'acide carbonique par minute, avec un intervalle moyen de 2 h. 46 m. après un repas. Une seconde série d'expériences, faites les 20, 21 et 22 octobre, me donna une moyenne de 572 milligrammes d'acide carbonique à 2 heures 35 minutes en moyenne après un repas; l'automne commençait et la température avait baissé à 15°,7. Les circonstances en rapport avec les expériences étaient tout à fait pareilles à celles des précédentes, à cette exception près que la température s'est trouvée plus basse pour la seconde série.

On pourra remarquer que le poids d'acide carbonique de la seconde série est précisément celui qu'on aurait obtenu en raison inverse des températures; le calcul de cette proportion produirait 493 milligrammes, chiffre très voisin de 504 que j'avais trouvé.

Si maintenant on considère les expériences faites sur moi-même à Courmayeur, avant de monter au col du Géant, on les verra donner 494 milligr. d'acide carbonique avec une température atmosphérique de 76°,1, tandis que la seconde série, faite à mon retour à Courmayeur par une température moyenne de 77°, c'est-à-dire presque exactement la même que dans la série précédente, produisit un chiffre semblable, soit 492 milligrammes pour l'acide carbonique expiré par minute.

Le même accord entre le degré de combustion animale et la température de l'air se rencontre chez mon compagnon, M. David. Les deux séries d'expériences auxquelles

il la soumit à Courmayeur se trouvèrent être faites sous une température moyenne de 71°,2 pendant la première série et de 72°,2 pendant la seconde. Cette température est donc presque la même et on retrouva le chiffre de 727 milligr. d'acide carbonique pour la première série et encore de 727 milligr. pour la seconde. Il est parfaitement impossible que ces quatre séries de résultats obtenus d'observations faites sur deux sujets différents et s'accordant d'une façon si remarquable soient un effet fortuit, et on est amené à conclure que la combustion du carbone dans le corps varie en raison inverse des changements de température ; cela se passe probablement entre de certaines limites de température, mais, ces limites, je ne les ai pas atteintes.

Je dois ajouter que les calculs de ces expériences n'ont demandé aucune correction ; le sac employé, le masque et, je crois même les soupapes, ont été les mêmes dans toutes les expériences, en sorte que rien ne pourrait compromettre l'exactitude des chiffres obtenus.

Si une augmentation de hauteur au-dessus de la mer, ou un abaissement de la pression barométrique, à laquelle j'ajoute une plus grande sécheresse de l'air, n'exerçait aucune influence sur la combustion du carbone dans les corps, cette oxydation serait sous le contrôle unique de la température atmosphérique, admettant que les circonstances restent les mêmes sous tous les autres rapports ; dans ce cas, le poids de l'acide carbonique expiré à Yvoire et à Courmayeur, réduit à des températures égales, devrait être le même. Nous trouvons cependant que cela n'est pas le cas et, qu'après la réduction de l'acide carbonique expiré à Yvoire à son chiffre pour la température de Courmayeur, un excès notable d'acide carbonique se

trouve être émis à Courmayeur, la plus élevée des deux stations, et, de plus, on observe que cet excès est à peu près le même dans chaque série d'expériences et pour chacun de nous.

Le tableau suivant montre clairement à combien se monterait cet excès théorique :

Moi-même (*Courmayeur 1re série*).

CO_2 à Courmayeur (1re série)	0,494	t. air 76°,1
CO_2 à Yvoire (2me série)	0,572	t. air 60°,3
CO_2 à Yvoire (2me série) Après réduction pour la température	0,453	à 76°,1

Excès de CO_2 expiré à Courmayeur 8,3 %.

Moi-même (*Courmayeur 2me série*).

CO_2 à Courmayeur (2me série)	0,492	t. air 77°,0
CO_2 à Yvoire (2me série)	0,572	t. air 60°,3
CO_2 à Yvoire (2me série) Après réduction de température	0,448	à 77°,0

Excès de CO_2 expiré à Courmayeur 8,9 %.

M. David (*Courmayeur 1re série*).

CO_2 à Courmayeur (1re série)	0,727	t. air 71°,2
CO_2 à Yvoire	0,776	t. air 61°,6
CO_2 à Yvoire après réduction	0,671	à 71°,2

Excès de CO_2 expiré à Courmayeur 7,7 %.

M. David (*Courmayeur 2me série*).

CO à Courmayeur (2me série)	0,727	t. air 72°,2
CO à Yvoire	0,776	t. air 61°,6
CO à Yvoire après réduction	0,662	à 71°,2

Excès de CO_2 expiré à Courmayeur 9 %.

Ainsi donc, pour des températures moyennes égales, une différence de hauteur de seulement 828 mètres produirait une augmentation de combustion dans le corps, d'où il résulterait une élimination moyenne de 8,6 % d'acide carbonique dans mon cas, et de 8,3 % dans celui de M. David. M. Mermod (*Bullet. de la Soc. vaud. des sc. nat.*, vol. XV, 1877), qui fit plusieurs séries d'expériences très intéressantes sur l'influence de la hauteur sur la respiration avec une différence d'altitude de 958 mètres (de 142 à 1100 mètres), obtint un excès d'oxi-

dation produisant 6,7 °/₀ de plus d'acide carbonique à sa station la plus élevée qu'à l'autre. Les températures moyennes étaient les mêmes aux deux stations, ce qui augmente beaucoup l'importance du travail l'excès d'acide carbonique se trouvant être dans ce cas le résultat direct de l'expérience, tandis que dans mon travail il est plus ou moins théorique. Le fait que les expériences de M. Mermod furent entreprises entre 7 et 8 heures du matin lorsqu'il était parfaitement à jeun, serait de nature à expliquer pourquoi l'excès de CO_2 dans son cas se trouve un peu inférieur à celui que nous avons obtenu.

On pourrait se demander pour quel motif le corps brûle davantage en s'élevant au-dessus de la mer sous des températures atmosphériques semblables. La réponse à cette question est que l'évaporation de la peau et des poumons, doit augmenter sous une pression atmosphérique plus basse et avec un air plus sec, donnant lieu à une production de froid.

L'atmosphère s'est trouvé excessivement sec pendant que nous étions à Courmayeur; le 21 juillet à midi et demi, l'humidité relative de l'air marquée au psychromètre se montait seulement à 39 °/₀, et le même jour à 2 ¹/₄ heures à 32 °/₀. Sous cet air sec, l'évaporation d'humidité du coprs a dû se trouver très abondante; abaissant sa température et s'opposant ainsi à l'effet calorifique du soleil ou plutôt le transformant en mouvement.

J'ai maintenant à faire ressortir un rapport intéressant entre les phénomènes respiratoires de M. David et les miens. Mon compagnon a 25 ans, pèse 73 kilog. et mesure autour de la poitrine 876^{mm}, tandis que j'ai 53 ans, je pèse 67 kilog. et je mesure 889^{mm} autour de la poitrine. M. David expirait plus d'acide carbonique que je

ne le faisais, quoique pas en raison du surplus du poids de son corps. Si l'on réduit à la même température les chiffres montrant le poids d'acide carbonique expiré par chacun de nous, la fixité de l'excès d'acide carbonique que produisait M. David, non seulement aux différentes stations respectives, mais encore dans tout le cours de ses recherches sera clair et évident.

A Yvoire, ma première série d'expériences donna 0,504 grammes O_2 à 20°,5 et celle de M. David une seule série 0,776 grammes O_2 à 16°,4. Après la réduction aux mêmes températures, l'excès pour M. David fut de 26,3 °/₀.

La seconde série d'expériences à Yvoire comparée à celle de M. David montrait une différence de température de 15°,7 à 16°,4 ; réduction faite pour la température, son excès d'acide carbonique s'élevait à 27,9 °/₀.

La même observation s'applique aux expériences faites à Courmayeur. Quant à celles du col du Géant, il n'est pas possible d'introduire la correction pour l'influence de la température, parce que cette influence ne peut pas être considérée comme ayant été normale, on verra cependant que la température de l'air n'était pas éloignée d'être la même pour chacun de nous à cette station.

Voici le tableau indiquant ces relations :

Excès d'acide carbonique expiré par M. David après réduction pour la température.

A Yvoire.

Seule série de M. David à Yvoire. 26,3 pour cent en excès de ma 1re série.
Idem 27,9 id. id. 2me série.

A Courmayeur.

1re série. 27,4 pour cent, avant l'ascension du Col.
2me série. 27,9 pour cent, au retour du Col.

Au sommet du Col.

28,6 pour cent.

Moyenne totale de l'excès d'acide carbonique expiré par M. David, 27,6 pr cent.

Influence de la hauteur avec abaissement de température sur la combustion animale.

Nous n'avons pas jusqu'ici abordé franchement cette question intéressante, surtout au point de vue des grandes hauteurs.

Le soleil, sur les hautes sommités des Alpes, est bien plus chaud qu'on se le représente, et les nuits paraissent plus froides qu'elles le sont réellement.

Il arrive souvent que pendant la nuit la température du corps s'abaisse au-dessous de la normale ; c'est ce que j'ai pu observer sur le pic de Ténériffe, dans mon cas et dans celui du Guide de Chamounix, Édouard Cupelin, malgré les couvertures de laine de nos lits sous la tente. La température de l'atmosphère s'abaissait, il est vrai, au-dessous de 0°, mais la cause principale du froid que nous ressentions était la sécheresse de l'air à ces hauteurs au-dessus de la mer (2161 et 3261 mètres); une sécheresse telle que les boîtes de mes instruments se fendaient et la friction de nos draps avec la main suffisait pour développer des stries électriques lumineuses. Pendant huit jours que je passai à la cabane de St-Théodule, en 1875, je sentis le froid très vivement toutes les nuits, quoique guère pendant le jour. L'année dernière, M. David et moi, nous avons réellement souffert du froid pendant nos trois nuits dans la cabane du col du Géant et cependant la température extérieure atteignait à peine 0°. Ainsi donc, l'influence de la hauteur avec abaissement de température se fait surtout sentir la nuit, et cela tient moins au froid de l'air qu'au repos complet dans lequel on se trouve, accompagné d'un faible degré de combus-

tion animale; ajoutez à cela l'évaporation cutanée et pulmonaire, celle des voies respiratoires contribuant surtout au refroidissement de l'intérieur du corps.

C'est là ce qui explique pourquoi il arrive souvent que le mal de montagne se déclare la nuit et passe après que l'on a pris une tasse de café au lait suivi de quelque exercice musculaire.

Cette combinaison de circonstances auxquelles le corps est soumis la nuit dans les hautes montagnes, rend compte aussi de ce que j'ai souvent ressenti qu'à une certaine hauteur le plus petit mouvement dans le lit est accompagné d'une gêne de la respiration et d'un sentiment d'étouffement passant au bout de quelques secondes d'immobilité complète; ce phénomène est noté, du reste, dans la relation de l'expédition de Sir Douglas Forsyth, auquel j'ai fait allusion.

C'est surtout à l'influence qu'exerce l'altitude sur le refroidissement du corps que l'on doit attribuer l'atonie et le manque d'appétit que l'on éprouve souvent dans les hautes montagnes, à laquelle s'ajoute la difficulté que l'on trouve à digérer; et, ce qu'il y a de remarquable, c'est que l'on ressent un désir instinctif pour le genre de nourriture connu comme produisant le plus d'acide carbonique tout en étant facilement digéré. Telles sont, d'après les expériences du Dr Edward Smith [1], le thé, le sucre, le café, le chocolat, le pain et en dernier lieu l'albumine, le poisson et les graisses. C'est en effet pour la viande qu'on a le moins d'appétit dans les hautes montagnes. Les graisses, telles que le beurre, l'huile d'olive, l'huile de foie de morue que l'on considère en général

[1] *Phil. Transactions*, 1859.

comme éminemment propres à augmenter la chaleur du corps ne produisirent dans les expériences de M. Edward Smith qu'un très faible excès d'acide carbonique. Tandis que l'infusion de café ajoutait 0,075 gramme et 0,165 gramme à l'acide carbonique expiré par minute, le beurre donna un excès maximum de 0,022 gramme, et l'huile d'olive de 0,036 gr. seulement par minute.

Pour supporter le froid dans les hautes montagnes, il faut surtout l'habitude de l'existence dans les hauteurs. Cette habitude ou cet « entraînement » est indispensable, afin de pouvoir conserver ses forces et sa santé à de grandes élévations au-dessus de la mer.

Étant donné un ascensionniste dans ces conditions d'entraînement, il pourra probablement gravir jusqu'à plus de 6000 mètres sans en ressentir les effets, mais il y aura plutôt moins de nécessité pour cet entraînement sous le climat chaud des tropiques ou dans leur voisinage que dans les Alpes.

Je me suis ainsi élevé de 2161 mètres en une journée dans l'île de Ténériffe, sur le 28° de latitude nord en partant du bord de la mer sans préparation aucune, et j'ai passé dix jours à cette station (dont deux furent employés à descendre au bord de la mer et à remonter le lendemain) tout en n'éprouvant aucun effet de la hauteur. Il y eut, il est vrai, une augmentation de fréquence respiratoire dont je ne me serais probablement pas aperçu sans les observations que je fus appelé à faire. Je montai ensuite à 3261 mètres; je séjournai à cette station pendant onze jours consécutifs sans en ressentir aucun inconvénient; ma fréquence respiratoire resta ce qu'elle avait été à la première station. L'ascension du Pic, à 3719 mètres, à deux reprises, séjournant plusieurs heures sur le

sommet, ne produisit aucun sentiment désagréable, si l'on en excepte celui de la chaleur presque brûlante du soleil; je ne souffris absolument pas du mal de montagne, et mon appétit et ma digestion restèrent toujours en bon état. J'ai cependant entendu dire que le mal de montagne était loin d'être inconnu au pic de Ténériffe, mais les touristes, en *petit nombre seulement*, s'élèvent du bord de la mer à Alta Vista (3261 mètres) dans la journée, et il n'est pas étonnant qu'ils se ressentent d'une si grande différence d'altitude.

Les expériences que je fis au St-Bernard 2473 mètres, t. 6°,5); au Riffel (2568 mètres, t. 11°,3), et au col St-Théodule (3322 mètres, t. 4°,0) me donnèrent pour chacune de ces stations respectives 460, 450 et 446 milligrammes d'acide carbonique expiré par minute, mais au sommet du Breithorn (4171 mètres), avec une température moyenne de 1°,6 C., j'expirais 487 milligr. d'acide carbonique, c'est-à-dire notablement plus, malgré un abaissement de pression barométrique de 100 millim. au-dessous de la pression au St-Bernard. Il faisait un vent froid et de la pluie pendant un certain nombre de mes expériences au St-Bernard et au Riffel, ce qui explique que l'acide carbonique expiré se trouve légèrement en excès de celui que j'éliminais à St-Théodule. A cette dernière station, le temps était beau lors de mes expériences et j'en fis une partie au soleil, comme je l'ai déjà remarqué. J'espère avoir l'occasion de répéter ces expériences dans des conditions semblables.

A la suite de plusieurs séries d'expériences sur l'élimination de l'acide carbonique du corps, au pic de Ténériffe, en nous élevant du bord de la mer à 2161, 3261 et 3580 mètres, je constatai dans mon cas

de très faibles changements de combustion animale à ces quatre différentes stations; la température de l'air ne variait pas beaucoup d'une station à l'autre, et les rayons directs du soleil étaient partout sur le pic d'une chaleur intense. Dans le cas du guide de Chamounix qui m'accompagnait, il se montra une augmentation d'acide carbonique expirée au bord de la mer, ce que j'attribue à sa nourriture, qui devint alors beaucoup plus abondante qu'elle ne l'avait été sur le pic.

On conclura des remarques que j'ai présentées au sujet de l'influence qu'exerce la hauteur avec abaissement de température sur la combustion animale que, pour un ascensionniste habitué et « entraîné » aux courses alpestres dans les hautes régions, la quantité d'acide carbonique expirée ne dépend qu'indirectement de la hauteur, mais résulte surtout de l'abaissement de température auquel il est soumis. La rareté de l'air, jusqu'à une limite que je n'ai pas encore établie, paraît ne pas exercer une influence notable sur la combustion animale pendant le *repos,* attendu que le jeu des poumons peut augmenter de rapidité et d'amplitude suffisamment pour admettre le volume d'air nécessaire aux fonctions sous ces conditions; mais *durant la marche,* ou pendant l'exercice musculaire, le phénomène respiratoire, à une altitude au-dessus d'environ 3000 mètres, deviendra de plus en plus embarrassé; c'est ainsi que pendant une heure ou deux, avant d'arriver au sommet du Mont-Blanc, il faudra probablement s'arrêter tous les dix pas pour reprendre haleine, quelques minutes de repos suffisant pour rendre la respiration tout à fait facile.

Si l'on veut entreprendre de fortes ascensions dans les montagnes sans être préalablement « entraîné » à ces

sortes de courses, il arrivera que la combustion dans le corps fera défaut à une certaine hauteur, le corps se refroidira et il s'ensuivra peut-être une attaque du mal de montagne ou un état de malaise caractérisé par un manque d'appétit et une mauvaise digestion; c'est ce qui est arrivé l'année dernière pendant les trois jours que j'ai passés au col du Géant avec M. David où, sans avoir souffert du mal de montagne, nos organes digestifs se sont trouvés très affaiblis. Dès notre retour à Courmayeur, ils revinrent à leur état normal.

Voici les chiffres que nous avons obtenus pour la quantité d'acide carbonique expirée au Col du Géant. Dans mon cas, moyenne de 12 expériences, 435 milligrammes; dans celui de M. David, moyenne de 12 expériences, 609 milligrammes. En comparant ces résultats au poids de l'acide carbonique expiré à Yvoire et à Courmayeur pendant cette même série d'expériences, nous avons :

	Moi-même.	M. David.
Col du Géant........	0,435 grammes.	0,609 grammes.
Yvoire.............	0,538 »	0,776 »
Courmayeur.........	0,493 »	0,727 »

On verra donc que j'expirai en moyenne par minute 103 milligr. d'acide carbonique au col du Géant de moins qu'à Yvoire et 58 de moins qu'à Courmayeur, et M. David expirait 169 milligr. de moins par minute au col qu'à Yvoire et 118 milligr. de moins qu'à Courmayeur.

Il est donc bien évident que nous n'étions pas dans les conditions voulues pour résister au froid sous une pression atmosphérique de 515 millimètres; cela s'explique clairement par le changement subit des circonstances physiques auxquelles nous étions soumis. Arrivant de Genève le 4 juillet par le col Ferrêt, nous avons éprouvé à Cour-

mayeur une chaleur atmosphérique s'élevant à 27° à l'ombre pendant nos expériences. Après avoir passé deux jours sous cette température, nous nous sommes transportés au sommet du col du Géant, nous arrêtant pendant une nuit seulement au pavillon du Mont Frety; nous nous trouvions sur le col sous une pression atmosphérique de 150^{mm} de moins qu'à Courmayeur et à une température qui s'était abaissée subitement pour nous de 27° à 5° ou 6° pendant la journée, tandis que durant la nuit elle avoisinait 0°.

Il résulte donc de mes travaux qu'il existe une tendance incontestable au refroidissement du corps à des élévations dépassant deux à trois mille mètres dans les Alpes, mais que « l'entraînement » ou l'habitude des hauteurs augmente l'activité de la combustion animale suffisamment pour permettre à l'homme de résister à ces causes de refroidissement pendant quelque temps au moins.

D'après l'expérience de ceux qui ont séjourné dans ces conditions, au bout d'un certain temps, soit d'une année ou deux, ou même de quelques mois seulement, les fonctions s'affaiblissent, une atonie des organes digestifs se déclare avec une faiblesse musculaire générale, accompagnée de perte d'énergie. C'est là ce que l'on rencontre chez la plupart des Pères du Grand-St-Bernard, quoiqu'ils soient tous jeunes, vigoureux et jouissant d'une excellente santé au moment où ils s'établissent à l'hospice. — C'est aussi ce que nous dit positivement M. Whymper.

Du rapport entre le volume d'air expiré et le degré de combustion animale, soit le poids d'acide carbonique qu'il contient, et de ce rapport à différentes hauteurs.

Nous abordons ici un sujet de grand intérêt. Le phénomène de la respiration comprend, outre les mouvements respiratoires, le passage de l'oxygène de l'air dans le sang circulant au travers des capillaires pulmonaires et l'émission de l'acide carbonique du sang dans l'air respiré, cet air jouant le rôle de véhicule au moyen duquel l'acide carbonique est éliminé du corps.

J'expliquerai dans *The Lancet* du 2 février 1867 que l'échange de ce gaz se fait en vertu des lois physiques de la diffusion que Graham a découvertes. L'acide carbonique, comme on le sait, peut entrer en dissolution dans un volume égal d'eau et commence donc par se dissoudre dans les parois humides des capillaires des poumons; ces parois sont excessivement ténues, en sorte que le gaz arrive très rapidement à leur surface extérieure d'où il s'échappe dans l'air des vésicules pulmonaires. Quant à l'oxygène, à la solubilité paraît s'ajouter la tension, par lesquelles s'explique son passage au travers du tissu pulmonaire dans le sang.

La relation entre les volumes de l'acide carbonique dans les poumons et l'air respiré simultanément variera suivant les individus et surtout suivant la hauteur au-dessus de la mer à laquelle ils se trouvent. Mais, pour la même personne à la même altitude, cette relation paraît ne pas changer, ou ne varier que dans d'étroites limites, c'est-à-dire que si l'acide carbonique expiré augmente, soit pendant l'exercice musculaire, soit pour toute autre

raison, l'air respiré augmentera dans une proportion à peu près semblable, tandis que si l'acide carbonique expiré diminue, l'air respiré diminuera à peu près dans la même proportion.

Pour montrer la fixité de cette relation, je l'ai exprimée en volume pour cent d'acide carbonique dans l'air expiré (réduit). Voici ce rapport, tel qu'il s'est trouvé être dans mes expériences de 1880 à Yvoire; elles furent toutes faites assis et en repos. On verra que sans être absolument semblable, la relation en question se rapproche beaucoup dans les différentes expériences, quoique variant jusqu'à un certain point, entre les miennes et celles de M. David :

	MOI-MÊME		M. DAVID	
	CO_2 expiré par minute en grammes.	Volume p^r % de CO_2 dans l'air expiré.	CO_2 expiré par minute.	Volume p^r % de CO_2 dans l'air expiré.
1re série.	0,448	3,4	0,664	3,7
	0,572	3,4	0,750	3,6
	0,487	3,9	0,664	3,6
	0,525	3,1	0,898	3,9
	0,533	3,1	0,770	3,7
	0,504	3,3	0,713	3,7
	0,458	3,0	0,816	3,4
2me série.	0,522	3,2	0,825	4,0
	0,617	3,6	0,829	3,8
	0,505	3,2	0,832	3,7
	0,585	3,1	0,776	3,71
	0,638	3,5		
	0,549	2,9		
	0,591	3,8		
Moyenne.	0,538	3,26	0,776	3,71

Cette fixité de rapport se retrouve encore pendant le mouvement, comme j'aurai l'occasion de le montrer dans le courant de ce travail.

Du volume d'air expiré à différentes hauteurs dans un temps donné.

L'expérience démontre que le volume d'air respiré dans un temps donné, réduit à 0° et 760^{mm} de pression, tend à diminuer à mesure que l'on s'élève au-dessus de la mer. C'est ce que l'on remarquera dans le tableau suivant, où se trouvent inscrits les volumes d'air réduits expirés en moyenne par minute, par moi-même, par le guide Cupelin et par M. David, dans mes expériences des trois dernières années.

Volumes d'air réduits expirés par minute.

TÉNÉRIFFE

1878

	Moi-même.	Cupelin.	
Au bord de la mer	5,84 litres.	7,71 litres.	
Guajara (2161 mètres)	5,47 »	6,07	Moyenne 6,27
Alta Vista (3261 mètres)	5,14 »	6,47	
Pied du cône (3580 mètres)	4,99 »		

1879

	Moi-même.		Cupelin.
Yvoire (373 mètres)	7,08 litres.		
Chamounix (1050 mètres)	5,61	Moy. 5,89	6,64 litres.
Sommet du Brevent (2539 mètres)	6,16		6,05 »

1880

	Moi-même.	M. David.	
Yvoire (373 mètres)	8,39 litres.	10,65 litres.	
Courmayeur (1202 mètres)	7,06 »	10,75	Moyenne 9,21
Col du Géant (3362 mètres)	5,82 »	7,65	

Il résulte de toutes ces expériences que le volume d'air, réduit à 0° et à 760^{mm}, respiré dans un temps donné, diminue à une certaine élévation au-dessus de la mer.

On remarquera cependant dans ces expériences une irrégularité au Brevent tenant probablement à ce que nous n'étions pas confortablement assis, d'où il résultait une faible gêne de la respiration et une augmentation de l'air inspiré. Dans mon cas, la moyenne d'air expiré par minute à Chamounix et au sommet du Brevent est plus faible qu'à Yvoire, mais il y a une chute à Chamounix, puis une légère augmentation à partir de cette station. Dans le cas de Capelin, je n'ai pas d'observation pour Yvoire, mais on s'aperçoit qu'il respira un peu moins d'air au sommet du Brevent qu'à Chamounix.

Je ne puis m'empêcher de faire remarquer l'irrégularité entre les quantités absolues d'air expiré par minute d'une année à l'autre. Dans l'impossibilité où je suis d'expliquer cette circonstance, je me borne à l'indiquer. Mais, ce qu'il importe de constater, c'est que dans les expériences de chaque année, considérées séparément les unes des autres, on retrouve un abaissement du volume d'air respiré à de certaines hauteurs, soit dans les premières courses sur les Alpes, soit à Ténériffe, soit dans la course du Brevent, soit dans celle de 1880 au col du Géant.

M. Mermod avait aussi observé cette même réduction dans le volume d'air (réduit) respiré à la plus haute de ses deux stations; c'est-à-dire pour une différence de 958 mètres (de 142 à 1100 mètres).

De la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air expiré à différentes hauteurs.

Je désire maintenant constater l'augmentation de la

proportion d'acide carbonique dans l'air expiré à mesure que l'on s'élève au-dessus de la mer.

M. Mermod avait trouvé à la suite de ses intéressantes expériences une augmentation du poids de l'acide carbonique qu'il expirait à sa station la plus élevée. D'après mes expériences, comme je l'ai déjà fait remarquer, le poids de l'acide carbonique expiré dans un temps donné, a paru varier plutôt avec la température qu'avec l'élévation au-dessus de la mer. Cependant, l'élévation avait aussi une certaine tendance à produire cet effet. Mes expériences à Ténériffe, malgré qu'elles furent faites à l'ombre, montrent que sous un climat presque tropical il n'y a pas d'augmentation sensible dans l'acide carbonique expiré, même à une grande hauteur. Ce qui nous intéresse surtout au point de vue physiologique, c'est de connaître les relations existant entre les volumes d'air (réduit) respiré à différentes hauteurs et le degré de combustion animale auquel ces volumes d'air peuvent suffire, ou, en d'autres termes, le poids de l'acide carbonique expiré.

Je poserai la question sous la forme suivante. Quel volume d'air réduit à 760^{mm} et 0° C faudrait-il respirer à différentes hauteurs au-dessus de la mer pour produire un degré de combustion animale tel qu'il en résulterait l'émission de 1 gramme d'acide carbonique par minute?

Je ne puis mieux répondre à cette question qu'en soumettant les résultats que j'ai obtenus à ce sujet sous la forme d'un tableau montrant les volumes d'air expiré pour l'émission de 1 gramme d'acide carbonique.

Expériences dans les Alpes.

Stations.	Altitude	Température moyenne de l'air pendant l'expérience.	CO_2 expiré.	Litres d'air expiré.	
	mètres		gramm.		
Yvoire expérience de 1877.	375	14°,3 C.	1	13,6	
Yvoire expérience de 1879.	375	13,6	1	14,2	
Saint-Bernard 1877	2473	6,5	1	10,4	
Riffel 1877	2568	11,3	1	11,4	Moy. 11,05
Saint-Théodule 1877......	3322	4,0	1	11,6	
Sommet du Breithorn 1877.	4171	1,6	1	10,8	

Col du Géant 1880 (3362 mètres).

Stations.	Altitude	Moi-même. Tempé-rature moy.	Moi-même. CO_2 expiré.	Moi-même. Litres d'air expiré.	M. David. Tempé-rature moy.	M. David. CO_2 expiré.	M. David. Litres d'air expiré.
	mètres						
Yvoire	375	15°,7	1	15,4	16°,4	1	13,7
Courmayeur	1202	24,7	1	14,3	22,1	1	14,9
Col du Géant	3362	5,4	1	13,5	6,3	1	12,6

Ténériffe 1878.

Stations.	Altitude	Moi-même. Tempé-rature moy.	Moi-même. CO_2 expiré.	Moi-même. Litres d'air expiré.	Cupelin. Tempé-rature moy.	Cupelin. CO_2 expiré.	Cupelin. Litres d'air expiré.	
	mètres							
Bord de la mer	0,0	24°,3	1	12,0	24°,5	1	11,1	
Guajara.....	2161	20,9	1	11,6	20,5	1	10,5	Moy. 10,7
Alta Vista...	3261	17,9	1	10,4	20,2	1	10,9	
Pied du Cône.	3580	17,8	1	10,3				

En considérant ce tableau, il est facile de remarquer qu'on respire moins d'air pour le même degré de combustion animale ou pour la formation de la même quantité d'acide carbonique sur les montagnes que dans les plaines

et que cette différence est surtout notable sous la latitude tempérée des Alpes.

Dans les climats chauds comme à Ténériffe, au-dessus de deux mille mètres, nous retrouvons à peu près les mêmes proportions d'air respiré (réduites) pour 1 gramme d'acide carbonique que pour ces altitudes dans les Alpes, soit une moyenne de 11,05 litres pour les Alpes et de 10,8 litres à Ténériffe. Mais lorsqu'il s'agit de stations basses, comme le bord de la mer à Ténériffe et les rives du lac Léman dans les Alpes, alors nous observons que l'on respire près de Genève une proportion d'air (réduit) plus forte pour opérer l'émission de 1 gramme d'acide carbonique, qu'à Ténériffe, soit dans l'île de Ténériffe 12,4 litres d'air, et, près de Genève, dans un climat tempéré, de 13,6 à 15,4 litres.

Les expériences à Yvoire en 1880, pour servir de terme de comparaison avec celles que je fis avec M. David dans notre course du col du Géant pendant la même saison, nous donnèrent 15,4 litres d'air pour 1 gramme d'acide carbonique expiré à Yvoire; mais, nous remarquons déjà dans mon cas un abaissement de cette proportion d'air à Courmayeur et une diminution encore plus grande sur le col du Géant, où elle tombait a 13,5 litres. Si nous eussions été « entraînés » et parfaitement rompus à l'existence dans ces hauteurs, cette proportion se serait probablement abaissée à 11 ou 12 litres. Dans le cas de M. David, nous observons à Courmayeur une faible augmentation de la proportion d'air respiré pour 1 gramme d'acide carbonique, c'est une irrégularité; mais au sommet du col le volume d'air pour 1 gramme d'acide carbonique n'était plus que de 12,6 litres, c'est-à-dire se trouvait au-dessous de ce qu'il était à Yvoire.

Il est impossible de ne pas admettre à la suite d'un si grand nombre d'expériences, faites à différentes hauteurs au-dessus de la mer, que le poids de l'air ou le volume d'air réduit qu'on respire pour opérer la combustion d'un certain poids de carbone dans le corps, montre nettement une tendance à diminuer à mesure que l'on s'élève, et que vers 2000 mètres cette réduction devient notable.

Ce phénomène se rencontre dans les pays chauds comme dans les Alpes, quoiqu'il soit plus marqué dans notre climat du nord.

Par conséquent, l'oxygène de l'air respiré passe plus facilement ou plus rapidement au travers du tissu pulmonaire dans le sang à de certaines hauteurs au-dessus de la mer que dans des régions plus basses, et ce fait me paraît de nature à expliquer pourquoi la phthisie disparaît presque complètement chez les habitants des régions situées à une certaine altitude, soit environ 1500 mètres au-dessus de la mer, comme l'a montré le Dr H.-C. Lombard en 1871 dans son mémoire important sur l'*Immunité phthisique,* ainsi que d'autres auteurs. De plus, cette facilité du passage de l'oxygène de l'air au travers du tissu pulmonaire sur les montagnes rendrait compte de l'influence heureuse de certaines stations, comme Davos, sur les phthisiques; il est maintenant bien reconnu que ces malades peuvent obtenir en hivernant dans ces localités une amélioration très sensible dans leur état et peut-être même la guérison. On comprendra en effet que l'oxygène pénétrant plus facilement au travers d'organes pulmonaires plus ou moins réduits quant à la surface en état de servir à leurs fonctions, la santé de ces malades ne manquera pas d'en retirer de très bons effets.

Fréquence respiratoire.

La fréquence respiratoire n'est pas la même pour tout le monde; d'après l'ouvrage classique de Michel Forster sur la *Physiologie,* Huchinson l'estime à 20 par minute, Vierordt à 11,9 et Funke à 13,2. Il faut ajouter que non seulement la fréquence respiratoire change suivant les individus, mais, de plus, elle ne varie pas au même degré chez chacun, en particulier, pour différentes hauteurs.

Ainsi, lorsqu'on s'est habitué aux conditions physiques des stations élevées, l'excès de fréquence respiratoire tend notablement à diminuer, tandis que lorsqu'on s'élève rapidement au commencement d'une course de montagne, la respiration sera beaucoup plus disposée à devenir courte et haletante non seulement pendant le repos, mais surtout pendant le mouvement.

Comme l'usage du masque dans mes expériences entraînait non seulement une augmentation relative du volume d'air respiré, mais aussi, dans mon cas, une diminution de fréquence respiratoire, je donnerai les résultats de ces observations pour le Brevent et Ténériffe sous une forme relative seulement.

Dans notre course de 1880 au col du Géant, les respirations furent comptées à l'air libre et je les ai citées en parenthèse.

Course à Chamounix et au Brevent.

Expirations par minute.

	Moi-même.	Cupelin.
A Chamounix (1050 mètres).......	100	100
Au Brevent (2539 mètres)........	100	112

Ténériffe.

Bord de la mer	100	100
A 2161 mètres	148	134
A 3261 mètres	148	134
A 3497 mètres	130	

A l'air libre. **Col du Géant.**

	Moi-même.	M. David.
Yvoire (375 mètres)	100 (11,4)	100 (12,7)
Courmayeur (1202 mètres)	102 (11,6)	95 (12,1)
Retour à Courmayeur	113 (12,9)	82 (10,5)
Sommet du Col (3362 mètres)	137 (15,6)	162 (20,6)

Quant à mes autres observations, la fréquence moyenne de ma respiration en repos et en respirant dans le sac au travers du masque ne montra aucune augmentation entre les hauteurs de 375 mètres (lac de Genève), et 2473 (Hospice du Grand St-Bernard), mais entre 2473 mètres et 4171 mètres (sommet du Breithorn), ma fréquence respiratoire augmenta dans les proportions suivantes :

De 2473 m. à 2568 m. de 20,4 %.
De 2568 m. à 3322 m. (Saint-Théodule) de 12,7 % en surplus du dernier.
De 3322 m. à 4171 m. (sommet du Breithorn) de 6,3 % en surplus du dernier.

Une augmentation d'altitude au delà d'une position déjà élevée peut ne pas donner lieu à une respiration encore plus rapide. C'est ce qui paraît arriver lorsqu'après avoir séjourné quelque temps sur la station où l'augmentation de fréquence respiratoire a débuté on se sera habitué à vivre sous cette faible pression barométrique, et si l'on s'élève graduellement et lentement à partir de cette hauteur. Mais si un touriste monte rapidement en quittant cette localité, d'après mes observations, il verra sa respiration augmenter encore de fréquence quoique relativement de moins en moins à mesure qu'il s'élèvera.

Le volume de l'air pris à chaque inspiration, augmentera à mesure que la pression barométrique baissera, et cela

jusqu'à ce que les respirations deviennent plus fréquentes. En d'autres termes, la cavité pulmonaire se dilatera davantage pendant le phénomène respiratoire. Il en résultera qu'une personne soumise pendant des mois ou des années à la pression barométrique de la hauteur de Davos, par exemple, se trouvera acquérir une augmentation de capacité respiratoire, comme l'a montré le docteur C.-T. Williams, de Londres, en mesurant la capacité pulmonaire avant et après un hiver passé dans cette station. Cet accroissement de capacité sera très avantageux puisqu'il permettra au malade de retour dans les plaines de prendre plus d'air dans les poumons et, par conséquent de fournir plus d'oxygène à son sang; c'est encore là probablement une des causes de l'influence heureuse du séjour des hauteurs sur les phthisiques.

Influence de la hauteur sur la respiration pendant le mouvement.

Le plus petit mouvement du corps est accompagné de la formation d'un excès d'acide carbonique; il suffit, en effet, de parler, de rire ou de chanter pour augmenter subitement la combustion animale. Non seulement le mouvement, mais encore tout effort musculaire donne lieu à un excès d'élimination d'acide carbonique; c'est ainsi que Cupelin expirait en moyenne 0,641 gram. d'acide carbonique assis et sans mouvement et 0,859 gram. (moyenne de deux expériences) se tenant debout quoique immobile.

Les premières expériences que je fis sur le corps en mouvement à Yvoire, au St-Bernard, à St-Théodule et au Breithorn se rapportèrent au travail musculaire dépendant de la marche; plus récemment j'étudiai cette question pendant que la personne en expérience effectuait un exercice rigoureusement déterminé.

L'ascension rapide sur des rochers et du gazon au St-Bernard donna lieu probablement à une élimination d'acide carbonique plutôt plus forte qu'elle l'aurait été en respirant librement sans l'intervention du masque avec ses soupapes et du sac. Au sommet du Breithorn, je tournai en rond sur la neige à peu près à plat et en marchant avec autant de régularité que possible.

Quant au poids d'acide carbonique émis des poumons pendant une marche de 150 à 200 pas de près, de 60 centimètres chacun, des résultats à peu près semblables furent obtenus pour Yvoire et pour l'hospice du Grand St-Bernard, soit 2.249 gram. CO_2 par minute à la première et 1919 gram. CO_2 par minute à la seconde de ces deux stations. Au sommet du Breithorn ce chiffre tombait à 1,886 grammes.

La plus forte quantité d'acide carbonique fut expirée en grimpant sur une pente de rochers et de gazon au St-Bernard; elle s'éleva alors à 3,156 gram. par minute. Une ascension rapide au col de St-Théodule produisit une élimination de 2,772 gram. d'acide carbonique. D'un autre côté, en montant tranquillement le sentier tout près de l'hospice du Grand St-Bernard, la production d'acide carbonique ne fut pas plus forte qu'en marchant rapidement à plat sur cette station; elle se trouva être réellement un peu moins grande.

Quant à la proportion entre les volumes d'air expirés (réduits) assis et pendant la marche aux différentes stations, elle se trouve être comme suit :

	Volumes d'air expiré		
	Assis.		En marche.
A Yvoire..........	1	à	4,96
Au Saint-Bernard.....	1	à	5,60
A Saint-Théodule.....	1	à	4,72
Au Breithorn........	1	à	3,86

On voit que cette proportion ne varie que dans des limites restreintes jusqu'à la hauteur du St-Théodule, soit 3322 mètres, elle baisse cependant à l'élévation de 4171 mètres. Ces résultats, obtenus dans mes premières expériences, ne doivent être admis que comme approximation des véritables chiffres, ils paraissent cependant indiquer, pour une élévation de 4000 mètres, une tendance à la respiration d'un plus faible volume d'air (réduit) pendant la marche, comparée à celle que l'on émet assis ou en repos, qu'à des élévations inférieures. Il serait intéressant de répéter ces mêmes observations à des stations encore plus élevées.

Afin d'obtenir des résultats très précis sur le volume d'air respiré et le poids d'acide carbonique émis pendant un exercice musculaire parfaitement réglé, je fis faire deux planches d'une longueur de 1,8 mètre chacune : elles se plaçaient l'une à côté de l'autre et basculaient sur un chevalet d'une hauteur de 128 millimètres. A l'une des extrémités de ces planches se fixait une caisse en bois renfermant un poids en pierre ou en sable. La personne en expérience faisait monter alternativement avec les pieds l'un et l'autre de ces poids en abaissant l'autre extrémité de ces planches. La rapidité du mouvement était parfaitement réglée en suivant les battements d'un métronome ajustés à 45 par minute. Ces planches avec leurs accessoires furent emballées et transportées à l'île de Ténériffe, où je fis mes premières expériences pour obtenir des données exactes sur l'influence du mouvement sur la respiration à différentes hauteurs.

Le tableau suivant, où j'ai également introduit un résumé des expériences faites à Ténériffe dans la position assise et en repos donne le résultat de ce travail.

Tableau des expériences à Ténériffe.

STATIONS	Pression barométrique.	Altitude.	Température de l'air.	Moi-même. Assis. Poids de CO_2 expiré par minute.	Moi-même. Assis. Volume d'air réduit expiré par minute.	Moi-même. Assis. Volume d'air réduit expiré pour 1 gramme.	Moi-même. Assis. Nombre d'expériences.	Moi-même. Pendant l'exercice sur la bascule. Poids de CO_2 expiré par minute.	Moi-même. Pendant l'exercice sur la bascule. Volume d'air (réduit) expiré par minute.	Moi-même. Pendant l'exercice sur la bascule. Volume d'air (réduit) pour 1 gramme.	Moi-même. Pendant l'exercice sur la bascule. Nombre d'expériences.
	millim.	mètres	° C.			CO_2	CO_2			CO_2	CO_2
Pied du Cône........	556	3580	17,86	0,485	4,99	10,3	5	—	—	—	—
Alta Vista..........	521	3261	17,9	0,493	5,14	10,4	20	0,932	8,93	9,6	6
Guajara............	594	2161	20,9	0,472	5,47	11,6	21	1,018	11,59	11,4	6
Puerto (bord de la mer).	760	0,0	24,3	0,485	5,84	12,0	20	0,919	11,37	12,4	6
				Cupelin. Assis.				Cupelin. Pendant l'exercice sur la bascule.			
Alta Vista..........	521	3261	19,2	0,585	6,47	11,06	16	1,207	13,15	10,9	6
Guajara............	594	2161	20,6	0,577	6,07	10,52	21	1,250	12,11	9,6	6
Puerto.............	760	0,0	24,6	0,708	7,71	10,90	18	1,162	12,90	11,1	6

Le poids élevé à chaque pas était de 18,6 kilogrammes. Avant de recueillir l'air expiré, nous faisions basculer les planches pendant quelques instants, afin de nous placer dans les conditions physiologiques de l'expérience. Un sac, jaugé à 63 litres [1], servait à mesurer l'air expiré sous une pression de 25 mill. d'eau. Après un peu d'habitude, il devint facile de suivre avec les pieds le mouvement du métronome, tout en comptant nos expirations.

Le procédé adopté dans toutes ces expériences fut exactement le même, en sorte qu'elles peuvent en confiance être comparées les unes aux autres. Celles que nous fîmes au bord de la mer, à Puerto de Orotavo, ne manqua pas d'exciter vivement la curiosité du public et de causer un attroupement de personnes autour de nous qui, évidemment, se perdaient en conjectures sur ce qui pouvait occuper aussi sérieusement notre attention.

Nous fîmes chacun six expériences à trois différentes stations; la plus basse était le bord de la mer, la seconde se trouvait être sur le pic, à notre camp de Guajara, à 2161 mètres au-dessus de la mer. La troisième s'élevait à 3261 mètres, à Alta Vista.

En considérant ce tableau, on observe que la quantité d'acide carbonique expirée soit assis, soit pendant l'exercice, n'a varié, par rapport à chacune de ces séries d'expériences, que très légèrement, à une exception près pour Cupelin en repos et une en mouvement.

Dans mon cas, le poids de ce gaz expiré « assis » fut sensiblement le même à toutes les stations, montrant une

[1] Ce sac fut jaugé à l'origine à 68,4 litres par erreur, d'où il résulte une correction que j'ai eu soin de faire.

très légère augmentation à 3261 mètres, en sorte que l'altitude paraît avoir été sans influence sur le degré de la combustion animale; il ne faut pas oublier que la température était très élevée à toutes les stations, j'ajouterai beaucoup plus élevée que ne l'indiquent les chiffres de mon tableau à cause du rayonnement solaire.

Dans les expériences du montagnard, on remarque que sur les deux stations du pic, à 2161 et à 3261 mètres, le poids de l'acide carbonique expiré assis est à peu près le même, mais il s'élève assez fortement au bord de la mer. J'explique cette circonstance par le fait qu'ayant une nourriture plus abondante et meilleure à l'hôtel de Puerto que dans nos camps sur le pic, il mangea davantage. Je ne me rends pas compte cependant de ce que pendant l'exercice sur les planches, il expirait moins d'acide carbonique à Puerto qu'aux deux autres stations sur le pic.

Quant à moi, je n'ai pas l'impression d'avoir pris plus de nourriture à Puerto que pendant notre vie de camp.

La proportion entre la moyenne d'acide carbonique expirée assis et pendant que nous nous livrions à cet effort musculaire parfaitement réglé, se trouve être comme suit aux différentes stations :

	Moi-même.	Cupelin.
Alta Vista	1 à 1,89	1 à 2,06
Guajara	1 à 2,16	1 à 2,17
Bord de la mer	1 à 1,89	1 à 1,64
Moyenne	1 à 1,98	1 à 1,96

ne montrant dans mon cas qu'une légère augmentation à 2,161 mètres. Dans les expériences du montagnard, on remarque que sur les deux stations du pic, soit à des hauteurs de 2161 et 3261 mètres, les rapports entre les poids d'acide carbonique expiré assis et pendant l'exercice

est à peu près le même, mais il s'abaisse passablement pour le bord de la mer; cet abaissement est le résultat d'une augmentation d'acide carbonique expiré assis et d'une diminution de ce gaz éliminé pendant l'exercice; c'est là une circonstance que je constate sans pouvoir l'expliquer.

Quant à la moyenne totale des rapports que nous constatons entre l'acide carbonique expiré assis et pendant l'exercice pour chacun de nous individuellement, nous trouvons que dans mon cas elle s'élève à 1 : 1,98 et dans celui de Cupelin à 1 : 1,96 ; ces relations sont donc presque exactement les mêmes, montrant que deux personnes, quoique différemment constituées et sous les mêmes altitudes, produisent en moyenne un même excès de combustion pour un même excès de travail, c'est du reste le résultat auquel on aurait pu s'attendre.

On trouve, de plus, comme on l'avait observé dans les expériences faites en repos, que *le volume d'air* (réduit) expiré pendant l'exercice qu'entraînait le balancement des planches chargées de leur poids, subit une réduction très notable à la station la plus élevée; à la station intermédiaire, il y a un faible accroissement de volume en excès de celui que l'on constate au bord de la mer.

Si on calcule le volume d'air (réduit) expiré pour un gramme d'acide carbonique, on constatera de nouveau la même loi que j'ai toujours observée dans cette longue série de recherches — que ce volume diminue lorsqu'on s'élève à une certaine hauteur au-dessus de la mer.

Voici le rapport dont il s'agit, calculé pour les expériences de Ténériffe :

Pendant l'exercice musculaire.

	Moi-même.		Cupelin.		
	CO_2	Volume d'air.	CO_2	Volume d'air expiré.	
Bord de la mer......	1	12,27	1	11,83	
Guajara (2161 m.)...	1	11,71	1	10,00	Moyenne 10,62
Alta Vista (3261 m.).	1	9,86	1	11,24	
Moyenne....	1 à	11,28	1 à	11,02	

Il est vrai que dans le cas de Cupelin on remarque la plus faible proportion d'air pour 1 gramme d'acide carbonique à la station intermédiaire au lieu de la retrouver à la station la plus élevée comme cela se remarque dans mes expériences, mais si l'on prend la moyenne de cette proportion à la hauteur de 2161 mètres et au-dessus, on la retrouvera plus basse qu'elle ne l'était au bord de la mer. Dans mon cas, la proportion diminue assez régulièrement du bord de la mer à la station la plus élevée.

Si maintenant on compare le volume d'air (réduit) nécessaire pour expirer 1 gramme d'acide carbonique en repos et assis, avec le volume d'air qu'a demandé 1 gramme de CO_2 pendant l'exercice sur les planches, on trouvera ces relations sensiblement les mêmes, comme le montrent les chiffres suivants :

	Moi-même.		Cupelin.	
	Assis.	*En exercice.*	*Assis.*	*En exercice.*
Moyenne d'air expiré pour 1 gramme CO_2 à toutes les stations de Ténériffe.	11,76	11,28	11,16	11,02

Dans mon cas, il a fallu respirer un peu plus d'air assis, mais très peu de plus, que pendant le mouvement réglé sur les planches, pour fournir 1 gramme d'acide carbonique; tandis que le montagnard en a employé à peu près le même volume ou un peu moins pour pro-

duire le poids donné d'acide carbonique. On voit donc que, soit pendant un exercice régulier, soit à l'état de repos, on respire en moyenne presque exactement la même quantité d'air réduit à 760mm et 0°C. pour éliminer le même poids d'acide carbonique.

J'entrepris à Yvoire en 1879, l'année après mon voyage à Ténériffe, une nouvelle série d'expériences sur moi-même et sur Cupelin afin de comparer ces résultats avec ceux que j'avais obtenus aux îles Canaries.

Ces expériences furent faites précisément de la même manière qu'à Ténériffe. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau des expériences faites en 1879, à Yvoire, sur moi-même et sur le guide Cupelin.

Baromètre : 726 millimètres. — Altitude : 375 mètres.

	Température.	Poids de CO_2 expiré par minute.	Volume d'air expiré par minute non réd.	Volume d'air expiré par minute réduit.	Air expiré (réduit) pour 1 gramm. CO_2	Nombre d'expériences.
	° C.	grammes				
Moi-même, assis	13,6	0,498	7,79	7,08	14,2	13
Moi-même, élevant le poids sur les planches...	12,9	0,910	12,9	11,8	13,0	8
Cupelin, assis.	13,7	0,641	8,76	7,96	12,4	10
Cupelin, élevant le poids sur les planches...	13,6	1,304	17,12	15,6	11,9	9

Il est impossible de s'attendre à retrouver sous le climat tempéré de Genève au 46° de latitude nord les mêmes résultats que sous le soleil ardent de l'île de Ténériffe, au 28°; de plus, à la suite de l'irrégularité qu'ont

montrée les expériences du montagnard à Puerto, c'est-à-dire au bord de la mer, je ne puis pas, comme je l'aurais voulu, les comparer séparément avec celles d'Yvoire. Si l'on met en rapport les expériences de 1879 à Yvoire avec les moyennes générales de celles de Ténériffe, on verra qu'à Ténériffe il a fallu respirer moins d'air pour expirer 1 gramme d'acide carbonique qu'à Yvoire, ceci paraît tenir surtout à l'effet de l'altitude sur l'île de Ténériffe, mais un résultat intéressant que fait ressortir cette comparaison, c'est que la proportion d'air expiré pour 1 gramme d'acide carbonique, assis et en exercice, par rapport l'un à l'autre est à peu près la même soit pour Yvoire, soit pour Ténériffe, et cela s'observe dans mon cas et dans celui du montagnard. Les chiffres montrant ces proportions sont comme suit :

Volume d'air (réduit) expiré pour 1 gramme de CO_2 « assis » et pendant l'exercice à Yvoire (en 1879) et à Ténériffe (1878).

MOI-MÊME.	*Assis.*	*En exercice.*
A Yvoire....................	14,2	13,0
A Ténériffe (moyenne générale).	11,1	11,1
CUPELIN.		
A Yvoire....................	12,4	11,9
A Ténériffe..................	10,8	10,5

En terminant ce travail je ne puis me cacher ses imimperfections. Je me suis attaché à m'en tenir aux expériences que je pouvais admettre avec confiance. Deux séries de recherches ont été entièrement éliminées parce que je ne les croyais pas assez bien faites pour les accepter; on peut se représenter le travail et le temps perdus à la suite de ces contre-temps. Je fis, dans une de ces occasions, monter mes instruments à la cabane des Grands-Mulets où je passai une journée et demie à

travailler sans obtenir des résultats sur lesquels je pusse compter; et, lors de ma course à Chamounix et au sommet du Brevent en 1879, un certain doute m'étant survenu au sujet du titre de ma dissolution normale de barium, je mis de côté toutes les analyses se montant à 44, après les avoir complétées, calculées et disposées sous forme de tableau. Je dois ajouter que j'aurais pu entrer dans plus de détails, mais je me suis abstenu de m'arrêter sur les points qui m'inspiraient des doutes quant à leur exactitude. C'est ainsi que, dans le second résumé de mes travaux à la montagne, j'avais remarqué que l'acide carbonique expiré à Ténériffe était en excès de celui que j'expirais à Yvoire; des expériences plus récentes faites avec des instruments plus parfaits m'ayant donné une certaine augmentation d'acide carbonique pour Yvoire, je n'ai pas voulu revenir sur cette question sans avoir entrepris de nouveaux travaux à ce sujet. Ce n'est pas, cependant, que je mette en doute l'exactitude et la valeur comparative des expériences faites à Ténériffe et dans les Alpes.

Les corrections que jai été appelé à faire ont introduit, je le regrette, des changements de chiffres sans modifier pour cela les résultats obtenus et déjà exposés ailleurs.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHARLES FRIEDEL et EDMOND SARASIN. REPRODUCTION PAR VOIE AQUEUSE DU FELDSPATH ORTHOSE. (*Bulletin de la Société minéralogique de France*, tome IV, p. 171.)

MM. Ch. Friedel et Edm. Sarasin ont réussi dernièrement à faire la synthèse du Feldspath Orthose par voie humide, c'est-à-dire dans des conditions se rapprochant de celles qui paraissent avoir présidé dans la nature à la formation d'un grand nombre de roches feldspathiques. Nous espérons pouvoir revenir plus tard sur l'ensemble des travaux de ces messieurs, et nous nous bornons pour le moment à enregistrer un fait nouveau en minéralogie, et dont l'importance peut être considérable dans la question de l'origine des roches.

La réaction se faisait dans un tube d'acier garni à son intérieur de cuivre rouge et chauffé au gaz à une température variable suivant les expériences et par suite des difficultés du réglage, mais oscillant en général entre 400 et 500 degrés.

La durée de la chauffe était de 15 à 20 heures, et vu la faible quantité de matière contenue dans le tube, on n'a trouvé aucun avantage à la prolonger.

Une série d'expériences préliminaires avait démontré :

1° Qu'on n'arrivait pas à un résultat satisfaisant en mettant en présence les trois éléments (silice, potasse et alumine) dans les proportions indiquées par l'analyse de l'Orthose naturel, et qu'il y avait avantage à augmenter notablement la quantité d'alumine ;

2° Que l'état le plus favorable pour ces différents éléments était d'une part le silicate d'alumine, et d'autre part le silicate de potasse riche en alkali ;

3° Qu'une température trop élevée, loin d'être avantageuse, semblait favoriser la cristallisation à part de la silice, soit sous la forme de quartz, soit sous celle de tridymite, laquelle a été obtenue en jolis cristaux, contrairement à la théorie qui donnait toujours une origine ignée.

Dans ces conditions, les expériences ont donné deux

séries de produits : une poudre cristalline qui a pu être soumise à l'analyse, et des cristaux assez gros pour permettre d'étudier les propriétés cristallographiques et optiques.

La poudre cristalline se composait de petits lozanges, les uns très nets et parfaitement mesurables, d'autres de dimension minime et aux bords arrondis, d'autres enfin rappelant les Orthoses de certaines roches, tandis qu'un grand nombre de formes intermédiaires faisaient le passage d'un type à l'autre, démontrant ainsi l'homogénéité de la matière. La seule substance étrangère constatée au microscope était un certain nombre de petits cristaux de quartz bipyramidés qui ne devaient pas gêner l'analyse ou du moins les deux dosages importants, la potasse et l'alumine.

	Orthose naturel.	Orthose artificiel.
Silice	64,62	70,03 (par diff.)
Alumine	18,49	15,59
Potasse	16,89	14,38

L'excès de silice est dû à la présence du quartz, et les deux autres éléments conservent leurs proportions relatives, ainsi qu'il est aisé de le voir. Partant en effet de la formule de l'Orthose et calculant la quantité de potasse correspondant à 15,59 d'alumine, on trouve 14,22.

Quant aux cristaux obtenus d'autre part et trop mêlés de substances étrangères pour être utilement analysés, ils se présentent sous trois types.

Tantôt ce sont des ramelles hexagonales dissymétriques rappelant les Orthoses des granites vus sur la face g^1, limitées par les faces p, h^1 ou plutôt m et a^1 *ou* $a^{1/2}$.

Tantôt ils rappellent les cristaux de certaines trachytes avec la face p et g^1 dominantes et les faces m.

Tantôt enfin ils présentent la variété dite adulaire avec les faces m, p, ou peut-être m, p et a^1.

Dans le premier type, les angles ph^1 mesurés étaient compris entre 116° et 117°, l'Orthose naturel a $p\,h^1 = 116°.7^1$; de même l'angle $p\,a^1$ oscillait entre 129° et 130° ; pour l'Orthose, il est de 129° 40′. Dans les mêmes cristaux, le plan d'extinction faisait respectivement, avec les arêtes $h^1\,g^1$ et $p\,g^1$, des angles de 22° et 4° 30′, ce qui est conforme aux angles existants dans la nature. Dans le second type, pour les cristaux placés sur une face p, l'angle plan de la base a

été trouvé de 113° ; il est pour l'orthose de 113° 15′ 30″. Ici le plan d'extinction est, ainsi que cela devait être, parallèle à l'arête pg^1.

Enfin, sur des cristaux du type adulaire et placés sur une face *m*, l'angle plan des faces latérales du prisme primitif, qui est dans l'Orthose de 104° 0′ 46″, a été trouvé = 104°.

Pour terminer, on peut ajouter que la densité du produit prise au moyen de la liqueur de M. Thoulet (iodomercurate de potassium) est sensiblement la même que celle de l'Orthose, et que les cristaux mesurés sous le microscope une fois noyés dans le baume, ne sont plus visibles qu'à la lumière polarisée par suite de l'identité des deux indices de réfraction, phénomène également constaté pour les cristaux naturels.

ZOOLOGIE

ÉDOUARD BUGNION. MÉTAMORPHOSES DU MEIGENIA BISIGNATA. (*Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 2me série, vol. XVII. Lausanne, 1880, p. 17 à 31 ; pl. I et II.)

La mouche parasite qui fait l'objet de ce mémoire appartient à la tribu des Tachinaires et vit aux dépens des larves de la *Lina tremulæ* (Chrysoméline). On connaissait déjà les métamorphoses d'une ou deux espèces de diptères voisines de celle-ci. M. Laboulbène avait décrit celle de la *Tachina villica*, dont la larve et la pupe présentent de grandes analogies avec celle de la *Meigenia bisignata*. D'autre part, M. van der Wulp rapporte au genre Meigenia un Tachinaire parasite du *Bombus agrorum*, L. qui offre dans sa larve comparée à celle qu'a étudiée M. Bugnion des différences notables portant sur la structure des stigmates.

La *M. bisignata* ne vit pas seulement en parasite sur divers coléoptères de la famille des Chrysomélines ; on a reconnu qu'elle s'attaque également à des larves phytophages de Lépidoptères et d'Hyménoptères. Cela provient de ce que les générations des Chrysomélines ne coïncident pas toujours avec celles de la Meigenia. Ainsi la *Lina tremulæ* n'a qu'une génération par an ; c'est seulement en août et au commencement de septembre qu'on trouve sa larve. La *M. bisignata*

présente, au contraire, deux générations, dont celle d'été peut seule vivre sur la Lina, tandis que celle de printemps doit chercher d'autres larves.

M. Bugnion a joint à sa notice deux planches : dans la première, il a représenté la larve, la pupe et l'insecte parfait ; dans la seconde, il a figuré de nombreux détails relatifs aux parties chitineuses et en particulier aux stigmates. A. H.

H. Blanc. Anatomie et physiologie de l'appareil sexuel male des phalangides. (*Bulletin de la Société Vaudoise des sciences Naturelles*, 2me série, vol. XVII. Lausanne, 1880, p. 49-78 : pl. IV à VI.)

Depuis longtemps il n'avait été fait aucune recherche sur l'anatomie de l'appareil sexuel mâle des Phalangides. M. Blanc terminait sur ce sujet un travail approfondi contenant beaucoup d'observations nouvelles, lorsque parurent des recherches de M. de Graaf et de M. Lomann[1] sur le même sujet. Comme on le comprend, un grand nombre de points communs ont été traités par ces divers auteurs. Le mémoire de M. Blanc ayant paru le dernier perd le droit strict de priorité pour une partie de son contenu ; mais, d'autre part, cet auteur a eu l'avantage de pouvoir discuter les observations des deux autres anatomistes, et il a une supériorité incontestable due aux nombreuses figures qui accompagnent son travail. Un premier chapitre est consacré à l'anatomie et à la physiologie de l'appareil sexuel mâle des Phalangides ; un second à l'anatomie du testicule, à la spermatogénèse et au trajet des spermatozoïdes jusqu'au gland ; le troisième traite des réservoirs séminaux et du contact du spermatozoïde avec l'œuf. Enfin un quatrième chapitre contient des observations sur l'hermaphroditisme chez les Phalangides mâles. Cet hermaphroditisme, qui avait été déjà constaté par Treviranus et par Krohn, a été observé par M. Blanc chez les *Ph. cornutum*, L. et *Ph. opilio*, Latr. ; il ne l'a jamais rencontré chez les *Ph. longipes* et *Ph. rotundum*.

« En examinant le testicule du Ph. cornutum, on peut très souvent voir à la surface externe une quantité d'œufs portés

[1] *Zoologischer Anzeiger*, 1880, Nos 47 et 49.

sur leurs stipes comme dans l'ovaire ((fig. 28). Ces œufs apparaissent ici et là sans affecter une partie du testicule plutôt qu'une autre ; ils peuvent, en outre, se présenter sous plusieurs états de développement, et sur le même testicule l'on peut voir de jeunes œufs à vitellus clair et homogène et d'autres beaucoup plus gros dont le vitellus est déjà trouble. De même que les œufs de l'ovaire, les œufs du testicule (fig. 29) présentent une belle vésicule germinative, une tache germinative et un noyau vitellin (*Dotterkern*) ou vésicule embryogène (Balbiani). »

Selon M. Lomann, ces œufs n'apparaissent sur le testicule que lorsque la spermatogénèse tire à sa fin et un peu avant la mort de l'animal. M. Blanc, au contraire, les a surtout observés sur de jeunes individus récoltés à la fin de mai. On n'a encore aucune explication de ce singulier hermaphroditisme rudimentaire qui ne semble se présenter que chez les individus mâles, et on ignore complètement le sort ultérieur de ces œufs. Il y a donc là un point bien digne d'attirer l'attention des observateurs. A. H.

G. Duplessis. Catalogue provisoire des Hydroïdes médusipares observés durant l'hiver 1879-1880, a la station zoologique de Naples. (*Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 2me série, vol. XVII. Lausanne, 1880, p. 108-118.) — Id. Observations sur la Cladocoryne floccosa, Rotch. (Id., p. 119-144, pl. X.)

Le catalogue de M. Duplessis ne comprend que les Hydroméduses vraies, c'est-à-dire celles dont les fructifications se détachent sous forme de Méduses. Une première division, celle des Hydroméduses tubulées (Gymnoblastes, Allm.) lui a fourni 13 espèces, se répartissant dans 11 genres et représentant 9 familles. Une seconde division, celle des Hydroméduses campanulées (Calyptoblastes, Allm.), comprend seulement 5 espèces rentrant dans deux genres qui font partie de la famille des Campanularides.

Bien que nécessairement incomplet et présentant quelques

incertitudes de détermination dues à la saison peu favorable où ont été faites les recherches, le catalogue de M. Duplessis sera déjà très utile aux naturalistes qui voudront étudier les Hydroïdes de Naples. Il leur fournit de nombreux renseignements sur les conditions dans lesquelles se rencontre chaque espèce, et contient en outre un certain nombre d'observations nouvelles sur les Hydroïdes mentionnés ou sur leurs méduses.

Le mémoire de M. Duplessis sur la *Cladocoryne floccosa* nous fait connaître d'une manière assez complète un type curieux d'Hydroïde qui est le seul représentant d'une famille spéciale.

La distribution des tentacules, leur ramification dichotomique et leur terminaison en bouton sembleraient faire rentrer la Cladocoryne dans la famille des Cladonémides ou dans celle des Clavatellides. Mais, dans ces deux familles, les polypes produisent des méduses, tandis que le genre en question est larvipare. Il se rapproche de la famille des Corynides par la constitution de ses capsules génitales et par la disposition et la forme de ses tentacules; mais c'est le seul genre larvipare dans lequel ces organes soient ramifiés. A moins de modifier la diagnose des Corynides, il faut donc former une famille des *Cladocorynides*, comprenant le seul genre *Cladocoryne,* dans lequel rentrent deux espèces : la *Cl. floccosa* Rotch, de la Méditerranée et de l'Atlantique, et la *Cl. pelagica* Allm., qui n'a encore été trouvée que dans l'Atlantique. Cette seconde espèce, au lieu d'être littorale et de fond, a, comme son nom l'indique, une existence pélagique. M. Duplessis pense qu'il faut peut-être rapprocher de cette dernière une autre forme pélagique décrite, comme genre nouveau, par F.-E. Schultze, d'après des échantillons recueillis à Trieste sur des Fucus.

La planche qui accompagne le mémoire de M. Duplessis contient de bonnes figures représentant le polype de la Cl. floccosa et des détails histologiques. A. H.

F. Kœnike. Revision von H. Lebert's Hydrachniden des Genfer See's. — Revision des Hydrachnides du lac de Genève, décrites par H. Lebert. (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, vol. XXXV, 4me cahier. Juin 1881.)

Ce mémoire a pour objet de discuter les publications de feu H. Lebert sur les Hydrachnides qui ont paru dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* en 1874 (vol. XIII), 1878 (vol. XV) et 1879 (vol. XVI). M. Kœnike estime que cet auteur s'est laissé trop entraîner par l'idée que les espèces vivant entre 25 et 300 mètres de profondeur devaient être nouvelles. A en juger par ce que l'on sait des Hydrachnides d'Allemagne et de Suède, ces animaux sont très faiblement influencés par la distribution géographique; la faune des plaines et celle des régions montagneuses présentent entre elles les plus grandes analogies.

M. Kœnike est d'accord avec Claparède et en opposition avec Lebert en ce qui concerne la manière de compter les articles des pattes ; il estime aussi que Lebert a donné à tort six articles aux palpes en comptant comme article basilaire de ceux-ci une des pièces de la soi-disant lèvre inférieure (maxilles soudées).

Les 19 espèces que Lebert a mentionnées et dont 17 ont été décrites par lui comme nouvelles sont reprises une à une, leurs caractères sont discutés avec beaucoup de soin et un assez grand nombre d'erreurs, portant sur des déterminations génériques et spécifiques, sont rectifiées.

Le travail de M. Kœnike contribuera ainsi à une identification plus exacte des formes d'Hydrachnides qui ont été collectées par M. le prof. Forel avec un zèle infatigable.

A. H.

J.-R. Bourguignat. Histoire malacologique de la colline de Sansan, précédée d'une notice géologique, etc. 8°, avec 8 pl. de fossiles et 2 pl. col. de coupes. Paris, 1881.

On sait que le gisement miocène de Sansan [1], découvert

[1] Sur les bords du Gers, à 10 kilom. au sud de la ville d'Auch.

en 1834 par Édouard Lartet, est le plus riche dépôt de Vertébrés fossiles de France. Il a fourni 61 espèces de Mammifères, 19 d'Oiseaux, 25 de Reptiles et 4 à 5 de Poissons. Ces fossiles ont été décrits en grande partie par divers paléontologistes, mais, à l'exception des Oiseaux qui ont été traités dans le grand ouvrage de M. Alph. Milne Edwards, nous croyons qu'aucun de ces différents groupes n'a été l'objet d'une étude spéciale complète. Ed. Lartet avait projeté d'entreprendre, avec la collaboration de quelques autres paléontologistes, un travail d'ensemble sur la faune de Sansan. La mort du savant consciencieux et modeste qui devait exécuter en partie et diriger cette publication, est venue empêcher ce projet de se réaliser. M. Bourguignat a achevé pour son compte l'œuvre qui lui avait été confiée et nous donne aujourd'hui sur les Mollusques de Sansan un travail étendu, accompagné de planches très bien exécutées, comme le sont du reste toujours celles qui sont jointes à ses mémoires.

De Boissy, Dupuy, Noulet et Sandberger avaient déjà fait connaître un certain nombre de Mollusques provenant de la localité en question, mais M. Bourguignat a notablement augmenté la liste des espèces; il en décrit 105, dont 64 sont nouvelles. Ces coquilles rentrent dans 9 genres terrestres (Sansania, Testacella, Zonites, Helix, Milne Edwardsia, Pupilla, Vertigo, Carychium, Cyclostoma) et 7 genres d'eau douce (Linnæa, Segmentina, Planorbis, Melania, Melanopsis, Valvata, Unio). Au moyen des données fournies par la géologie et en s'éclairant des affinités que présentent ces Mollusques avec les espèces actuelles, M. Bourguignat recherche dans quelles conditions ces animaux vivaient et quelle était, vers le milieu de l'époque miocène, la température du pays qu'ils habitaient. Il arrive, au point de vue du climat, a un résultat semblable à ceux qu'ont obtenus MM. Heer, de Saporta, etc., c'est-à-dire que la température moyenne était de 20 à 21 degrés. D'après les affinités des Mollusques, il conclut qu'il existait à Sansan un lac ou un étang alimenté par des sources et des cours d'eau et que, près de ce lac, s'étendait une grande plaine couverte d'herbes et fangeuse, ainsi que d'autres plaines, les unes arides et buissonneuses, et les autres couvertes de forêts. Le lac, d'une profondeur maximum de

30 mètres avait, du S.-O. au N.-E., une largeur moyenne de 6 kilom. Au moins deux cours d'eau s'y jetaient : l'un était une rivière dans laquelle vivaient les *Valvata* et l'*Unio Larteti*; l'autre, aboutissant sur un autre point, était une source incrustante dont l'existence est prouvée par la nature de certains dépôts de la colline.

Grâce aux connaissances étendues de l'auteur et au soin avec lequel son travail a été exécuté au point de vue descriptif et iconographique, nous avons une histoire complète de la faune malacologique de Sansan. Espérons qu'il se trouvera d'autres paléontologistes pour nous donner un tableau aussi achevé des faunes mammalogique, herpétologique et ichthyologique de cette localité célèbre. A. H.

Albert Vayssière. Étude sur l'état parfait du Prosopistoma punctifrons. (*Annales des Sc. Nat.* 6me série. Tome XI, article 1, pl. I. Janvier 1881.)

Le Prosopistoma punctifrons a intrigué les zoologistes pendant quatre-vingts ans. Geoffroy fit connaître le premier cet animal dans son *Histoire des Insectes* et le plaça parmi les Crustacés. Peu étudié depuis lors, il fut ordinairement laissé dans ce groupe. Ce n'est que depuis 1869 qu'il a pris rang d'une manière certaine parmi les Insectes, grâce aux recherches du Dr Em. Joly. Ce naturaliste reconnut que le Prosopistoma n'était autre chose que la forme larvaire d'un Orthoptère amphibiotique et présentait en particulier de grandes affinités avec les larves des Éphémérines. M. Em. Joly, M. le prof. N. Joly et M. Vayssière ont étudié depuis lors, pendant plusieurs saisons, le Prosopistoma au point de vue de son organisation extérieure, de son anatomie et de ses mœurs, sans pouvoir toutefois assister à ses dernières transformations. La concentration excessive de son système nerveux avait même fait supposer à M. Mac Lachlan et à M. Vayssière que la forme larvaire était permanente chez cet Insecte. Enfin, en 1880, M. Vayssière reconnut que cette supposition n'était pas fondée, car il put observer la métamorphose en insecte parfait de deux individus.

Pendant sa vie aquatique, le Prosopistoma est remarquable par la coalescence complète des anneaux thoraciques avec les premiers segments de l'abdomen, coalescence qui entraîne une diminution et une localisation des organes respiratoires. Cette disposition représente en quelque sorte le dernier terme de modifications analogues que l'on constate d'une manière de plus en plus marquée dans les genres Cœnis et Tricorythus, puis Bætisca. Chez le Prosopistoma, les téguments dorsaux du thorax forment une carapace immobile abritant une chambre respiratoire qui communique avec l'extérieur par trois ouvertures : l'une dorsale et médiane, les deux autres ventrales et latérales. L'eau entre par les ouvertures ventrales et sort par l'ouverture dorsale. Il y a cinq paires d'organes respiratoires (trachéo-branchies) dont les trois dernières seules sont destinées à l'oxygénation du sang, tandis que les deux premières ont seulement pour fonction de produire et d'activer le mouvement de l'eau servant à la respiration.

Le système nerveux présente une concentration en rapport avec celle des téguments. Il se compose d'une paire de ganglions cérébroïdes, d'un seul ganglion sous-œsophagien et d'un seul ganglion thoracique, duquel partent tous les nerfs qui se distribuent dans les organes du thorax et de l'abdomen.

M. Vayssière a observé la métamorphose du Prosopistoma en subimago, phase qui est peut-être définitive, comme c'est le cas chez un certain nombre d'Éphémérines. Dans cet état, l'insecte ressemble au Cœnis. Les ailes, du moins celle de la paire antérieure, sont bien développées: les pattes sont au contraire atrophiées; leurs tibias et leurs tarses sont déformés, souvent contournés en spirale.

On peut féliciter M. Vayssière d'être arrivé à compléter l'histoire de ce curieux insecte en nous le faisant connaître sous sa forme adulte. La monographie complète du genre qu'il doit bientôt publier en collaboration avec M. Em. Joly sera certainement une des pages les plus intéressantes de l'histoire des Éphémérines. A. H.

BOTANIQUE

Aza Gray. Germination du Megarrhiza Californica. (*American journal*, 1877, vol. 14) — Darwin. movements of plants. Les mouvements des plantes, p. 81.

Le prof. Aza Gray a, le premier, fait connaître la germination singulière de cette Cucurbitacée californienne, sur laquelle M. Darwin a de nouveau appelé l'attention des physiologistes. M. Naudin l'avait précédemment décrite dans les *Annales des Sciences Naturelles* sous le nom d'*Echinocystis fabacea*, qui lui a été restitué dans la *genera* de MM. Bentham et Hooker, et plus récemment encore par M. Cogniaux, à qui l'on doit une nouvelle et remarquable monographie des Cucurbitacées.

Le nom spécifique de *fabacea* rappelle fort à propos le fait que cette plante se distingue de la plupart des autres Cucurbitacées par la grosseur et la forme de sa graine qui ressemble tout à fait à notre fève.

Cette graine renferme deux cotylédons charnus, fortement adhérents l'un à l'autre et, de plus, soudés par leurs bases confluentes, entre lesquelles se trouve la plumule.

Au début de la germination, l'extrémité micropylaire, après s'être graduellement entr'ouverte, livre passage à un processus blanchâtre qui, doué de géotropisme, se recourbe d'abord, puis s'enfonce verticalement dans le sol, comme le ferait une jeune racine. Cependant, l'extrémité seule de ce processus est de nature radiculaire, car il se compose presque en entier d'un tube formé par les pétioles des cotylédons. Ces pétioles, hermétiquement soudés ensemble, constituent une gaîne cylindrique qui s'allonge peu à peu, entraînant avec elle sous terre la plumule qu'elle contient. Celle-ci, de même que la radicule proprement dite, ne se développe que tardivement, après que la gaîne elle-même a cessé de s'accroître. Pendant la première phase de la germination, cette gaîne de nature pétiolaire joue donc tout à fait le rôle d'une racine. Elle se recouvre même extérieurement d'un duvet de poils radiculaires.

Quant aux cotylédons, ils restent emprisonnés dans le teste de la graine et ne sortent pas du sol, à moins qu'ils ne soient accidentellement soulevés au-dessus de sa surface par l'effet de l'allongement de la gaîne, ainsi que cela arrive lorsque celle-ci éprouve quelque gêne dans son développement souterrain.

La longueur définitive de la gaîne varie selon la nature du sol dans lequel elle se développe. M. Darwin lui a vu atteindre jusqu'à 2 $^1/_2$ pouces en sept jours. A ce moment, la plumule qu'elle renfermait ne dépassait pas trois lignes.

Il arrive plus tard un moment où la gaîne se fend vers sa base, par suite de l'accroissement de la plumule, et cette dernière finit par faire saillie au dehors en se recourbant, à la manière d'une jeune plante sortant de terre.

Ayant eu récemment à ma disposition un certain nombre de graines fraîches de *Megarrhiza Californica* (soit *Echinocystis falacea*) envoyées d'Amérique, j'ai pu observer moi-même les diverses phases successives de leur germination. Elles sont bien telles que je viens de les décrire, d'après les savants mentionnés en tête de cet article.

L'arrangement des faisceaux fibro-vasculaires dans les parois de la gaîne m'a prouvé que cet organe est réellement formé de deux pétioles congénitalement soudés, reliés entre eux par un tissu cellulaire continu. En faisant germer quelques graines à l'obscurité, j'ai pu me convaincre que c'est bien en vertu du géotropisme que cette gaîne pénètre dans le sol.

Celles de mes graines que j'ai cultivées dans une terre particulièrement humide, ont produit des gaînes très longues, atteignant ou même dépassant dix centimètres. J'ai aussi assisté à la sortie de la plumule, à l'évolution de la racine et finalement à la formation du tubercule fusiforme qui résulte de l'accroissement de la tigelle, immédiatement au-dessous de la gaîne.

C. de C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1881.

Le 1er, rosée le matin.
2, id. ; le soir éclairs à l'Est.
3, id. ; de 1 $^1/_2$ à 2 h. après midi, éclairs et tonnerres à l'Est.
4, id.
5, id. ; à 6 h. soir, tonnerres à l'Est ; éclairs à l'Est dans la soirée.
8, il a neigé dans la nuit sur toutes les montagnes des environs.
9, forte bise depuis le matin avant 6 h., qui dure jusqu'au lendemain à 2 h. après midi.
11, forte rosée le matin, gelée blanche dans quelques endroits, minimum $+ 2°,0$.
13, rosée le matin.
15, éclairs dans la soirée.
16, faible rosée le matin, éclairs dans la soirée.
18, rosée le matin, hâle dans la journée ; le soir, éclairs à l'Ouest et à l'Est.
22, éclairs toute la soirée, tout autour de l'horizon.
23, à midi et demi, orage du côté du Jura, on entend le tonnerre vers 1 h.
24, éclairs à l'Est dans la soirée.
25, rosée le matin ; à 4 h. après midi, tonnerres du côté du Nord, éclairs pendant toute la soirée.
26, à 4 h. du matin, éclairs et tonnerres accompagnés d'une forte averse.
27, rosée le matin.
28, éclairs à l'Est dans la soirée.
29, rosée le matin.
30, assez forte bise dans la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 4 à 8 h. matin	729,58
6 à 8 h. soir	719,13
10 à 10 h. soir	730,10
17 à 8 h. matin	728,35
24 à 10 h. matin	730,87
30 à 8 h. matin	733,43

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 6 h. soir	724,55
6 à midi	714,91
7 à 4 h. après midi	715,23
15 à 5 h. après midi	725,68
21 à 6 h. soir	723,45
27 à 6 h. soir	724,76

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	727,87	+ 1,58	+15,63	+ 0,29	+10,2	+21,5	8,50	—0,48	667	— 37	370	830	...	...	N. 1	0,24	15,1	+ 1,4	119,8
2	726,12	— 0,21	+16,34	+ 0,88	+ 9,0	+22,3	7,90	—1,15	593	—111	330	850	...	...	NNE. 1	0,26	15,3	+ 1,5	120,5
3	728,34	+ 1,96	+16,85	+ 1,27	+10,8	+22,7	8,97	—0,14	640	— 64	390	810	...	...	variable	0,34	15,3	+ 1,4	121,0
4	728,58	+ 2,16	+18,05	+ 2,35	+10,2	+24,1	8,24	—0,93	561	—143	270	800	...	...	N. 1	0,23	15,1	+ 1,0	121,9
5	724,29	— 2,17	+19,47	+ 3,65	+12,0	+25,3	8,54	—0,70	528	—176	300	770	...	...	SSO. 2	0,22	...	.....	121,0
6	716,80	— 9,70	+13,05	— 2,89	+ 8,1	+20,4	8,12	—1,18	763	+ 59	460	870	13,2	8	SO. 2	0,96	11,8	— 2,5	123,0
7	716,21	—10,33	+ 9,14	— 6,92	+ 6,0	+14,4	6,49	—2,87	761	+ 57	530	950	2,1	4	variable	0,92	10,1	— 4,3	126,6
8	717,51	— 9,07	+ 7,52	— 8,65	+ 5,8	+11,8	6,59	—2,83	850	+146	650	910	6,6	11	variable	1,00	10,1	— 4,4	127,1
9	723,70	— 2,92	+ 9,03	— 7,25	+ 6,2	+12,9	6,06	—3,41	715	+ 11	580	750	1,0	1	NNE. 2	0,62	10,7	— 3,9	132,3
10	728,57	+ 1,91	+ 9,55	— 6,84	+ 6,7	+13,1	4,92	—4,61	573	—130	440	700	...	...	NE. 2	0,69	11,3	— 3,5	132,5
11	727,99	+ 1,29	+10,45	— 6,05	+ 2,0	+17,7	5,11	—4,48	535	—148	270	800	...	...	N. 1	0,29	12,7	— 2,2	129,8
12	727,84	+ 1,10	+13,67	— 2,94	+ 9,1	+18,3	6,04	—3,60	543	—160	350	670	...	...	N. 1	0,10	...	.....	129,0
13	728,48	+ 1,70	+14,04	— 2,67	+ 6,9	+19,1	7,21	—2,48	610	— 92	390	810	...	...	N. 1	0,53	14,3	— 0,8	126,2
14	727,75	+ 0,94	+14,34	— 2,48	+ 8,1	+20,0	9,32	—0,43	762	+ 60	550	950	3,4	6	variable	0,87	14,3	— 0,9	126,3
15	726,75	— 0,10	+18,46	+ 1,54	+12,0	+24,2	9,81	+0,01	641	— 60	370	880	...	...	variable	0,58	15,1	— 0,2	125,0
16	727,00	+ 0,11	+17,51	+ 0,49	+13,7	+25,0	10,63	+0,78	721	+ 21	450	870	1,4	2	N. 1	0,67	14,3	— 1,1	124,0
17	727,71	+ 0,79	+17,98	+ 0,87	+14,4	+22,3	11,19	+1,29	739	+ 39	490	910	...	...	N. 1	0,52	16,8	+ 1,3	125,2
18	726,10	— 0,86	+18,49	+ 1,28	+12,8	+22,6	11,61	+1,66	725	+ 26	590	840	...	...	variable	0,59	16,9	+ 1,3	123,5
19	725,80	— 1,19	+19,30	+ 2,00	+15,4	+25,0	10,64	+0,65	655	— 44	390	770	1,3	1	SSO. 1	0,71	...	.....	125,0
20	725,38	— 1,65	+21,06	+ 3,67	+15,0	+27,2	11,48	+1,44	635	— 63	390	890	...	...	variable	0,61	16,1	+ 0,3	126,1
21	724,46	— 2,60	+22,88	+ 5,40	+16,5	+29,7	12,07	+1,99	595	—102	380	770	...	...	OSO. 1	0,44	16,9	+ 1,0	128,0
22	725,38	— 1,71	+22,77	+ 5,20	+15,5	+29,0	12,01	+1,88	599	— 97	350	760	...	...	variable	0,50	17,8	+ 1,8	130,0
23	729 67	+ 2,55	+20,97	+ 3,32	+18,8	+25,9	13,70	+3,53	752	+ 56	610	810	...	...	NNE. 1	0.67	18,1	+ 2,0	134,8
24	730,18	+ 3,02	+21,51	+ 3,78	+16,9	+26,3	13,35	+3,14	712	+ 17	480	860	...	...	variable	0,48	19,1	+ 2,9	141,5
25	729,80	+ 2,61	+22,73	+ 4,92	+17,1	+30,9	13,44	+3,19	667	— 27	410	830	8,9	6	N. 1	0,36	20,3	+ 4,0	139,3
26	730,24	+ 3,02	+17,76	— 0,12	+15,3	+23,0	10,34	+0,05	702	+ 9	460	920	...	...	N. 1	0,64	...	.....	142,0
27	726,11	— 1,14	+17,09	— 0,87	+10,3	+22,1	9,68	—0,65	668	— 24	470	790	...	...	N. 1	0,09	20,2	+ 3,7	154,5
28	726,87	— 0,41	+19,75	+ 1,72	+13,4	+24,3	9,73	—0,64	583	—108	410	820	...	...	N. 1	0,41	19,8	+ 3,2	158,5
29	729,54	+ 2,24	+18,09	0,00	+13,0	+23,0	9,43	—0,97	619	— 72	440	810	0,4	1	N. 1	0,36	20,0	+ 3,3	160,4
30	732,73	+ 5,40	+17,54	— 0,62	+11,6	+22,6	8,24	—2,20	576	—114	370	780	...	...	NE. 2	0,04	20,3	+ 3,5	161,5

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,10	724,18	724,05	723,64	723,26	723,23	723,39	724,04	724,51
2e »	727,74	727,78	727,42	726,94	726,55	726,22	726,18	726,43	727,00
3e »	728,52	728,81	728,79	728,48	728,21	728,02	727,93	728,40	728,86
Mois	726,79	726,92	726,75	726,35	726,01	725,82	725,83	726,29	726,79
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+11,03	+13,07	+15,42	+16,52	+17,59	+16,82	+15,84	+13,78	+12,18
2e »	+12,96	+16,17	+18,35	+19,93	+20,16	+20,49	+19,55	+17,82	+15,78
3e »	+16,80	+19,88	+21,35	+23,37	+24,41	+24,07	+23,21	+20,86	+19,00
Mois	+13,60	+16,37	+18,38	+19,94	+20,72	+20,46	+19,53	+17,49	+15,65
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	7,78	7,97	7,84	7,46	7,19	6,99	6,97	7,54	7,51
2e »	9,53	9,68	8,86	8,61	9,00	8,93	9,39	10,13	9,96
3e »	11,57	12,13	11,55	11,21	11,15	10,91	11,10	11,13	10,38
Mois	9,63	9,93	9,41	9,09	9,11	8,94	9,15	9,60	9,29
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	786	707	600	547	494	521	543	640	709
2e »	834	692	545	475	499	497	552	654	739
3e »	809	697	611	527	493	493	524	603	629
Mois	810	699	585	516	495	504	540	632	692

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 8,50	+ 18,85	0,55	+ 12,76	22,9	124,57
2e »	+ 10,94	+ 22,14	0,55	+ 15,06	6,1	126,01
3e »	+ 14,84	+ 25,68	0,40	+ 19,17	9,3	145,05
Mois	+ 11,43	+ 22,22	0,50	+ 15,68	38,3	131,88

Dans ce mois, l'air a été calme 1,1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,24 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 1°,8 O. et son intensité est égale à 34,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1881.

Le 1er, brouillard le soir.
5, fort vent du SO. dans la soirée.
6, très fort vent du SO. jusqu'à 5 h. après midi, puis forte bise; brouillard tout le jour, la neige commence à tomber depuis 6 h. soir.
7, brouillard presque tout le jour, par une forte bise, neige dans la nuit précédente.
8, brouillard intense tout le jour, par une très forte bise.
9, id. id. ; il a neigé dans la soirée, mais la quantité recueillie n'est pas notée.
10, brouillard tout le jour, forte bise.
11, forte bise.
12, id. ; brouillard le soir.
13, id. ; brouillard le matin.
14, brouillard et neige le soir; la quantité recueillie n'est pas notée.
19, brouillard le matin et le soir.
20, brouillard le soir.
21, brouillard presque tout le jour, fort vent du SO.
22, id. id.
23, vers 2 h. après midi, violent orage avec éclairs et tonnerres.
24, de 6 h. à 8 h. soir, éclairs et tonnerres, pluie et grêle.
26, pluie et brouillard, forte bise depuis midi.
27, brouillard le soir.
28, brouillard le matin et le soir, forte bise.
29, id. id.
30, brouillard le matin, forte bise.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 6 h. matin	564,95
Le 4 à 2 h. après midi	569,27		
		8 à 6 h. matin	552,85
17 à 10 h. soir	569,51		
		19 à 2 h. après midi	567,39
24 à 10 h. soir	573,40		
		27 à 1 h. après midi	566,26
30 à 10 h. soir	571,67		

SAINT-BERNARD. — JUIN 1881.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	566,20	+ 0,52	565,62	566,72	+ 3,31	+ 0,64	+ 0,2	+ 9,5	.....	.....	....	variable	0,73
2	566,22	+ 0,45	564,95	567,30	+ 2,64	— 0,15	— 0,3	+ 5,5	.....	.....	....	SO. 1	0,56
3	568,38	+ 2,52	567,60	569,21	+ 3,49	+ 0,59	+ 2,9	+ 5,7	.....	.....	....	variable	0,38
4	569,03	+ 3,09	568,68	569,27	+ 4,21	+ 1,20	+ 1,4	+ 8,9	.....	.....	....	NE. 1	0,47
5	565,91	— 0,11	564,31	567,68	+ 4,16	+ 1,04	+ 3,2	+ 7,2	.....	.....	....	SO. 2	0,42
6	557,80	— 8,31	556,38	560,34	— 0,91	— 4,14	— 3,4	+ 1,2	180	12,4	....	SO. 2	0,98
7	553,81	—12,38	553,45	554,56	— 4,25	— 7,59	— 6,0	— 0,4	80	10,8	....	NE. 2	0,87
8	553,79	—12,48	552,85	555,25	— 5,38	— 8,83	— 5,8	— 3,3	....	.....	.. .	NE. 3	1,00
9	559,20	— 7,15	556,51	561,54	— 5,14	— 8,69	— 6,1	— 2,0	.....	.....	....	NE. 2	0,88
10	562,61	— 3,82	561,28	563,60	— 6,05	— 9,70	— 7,1	— 2,8	.....	.....	....	NE. 2	0,92
11	563,80	— 2,71	563,31	564,10	— 3,61	- 7,36	— 9,4	+ 0,7	.....	.....	....	NE. 2	0,19
12	565,04	— 1,55	564,09	566,02	— 0,57	— 4,42	— 5,0	+ 2,8	.....	.....	....	NE. 2	0,26
13	566,40	— 0,27	565,60	566,91	+ 0,54	— 3,41	— 2,0	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 2	0,37
14	566,33	— 0,42	565,98	566,61	+ 1,59	— 2,45	+ 0,1	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,76
15	566,95	+ 0,13	566,40	567,67	+ 4,45	+ 0,32	+ 1,2	+ 8,0	.... .	.....	....	NE. 1	0,58
16	568,01	+ 1,11	567,35	568,47	+ 4,46	+ 0,24	+ 3,0	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,66
17	568,93	+ 1,96	568,17	569,51	+ 5,88	+ 1,57	+ 2,3	+ 9,3	.....	.....	....	NE. 1	0,70
18	568,85	+ 1,81	568,47	569,27	+ 8,06	+ 3,66	+ 5,8	+11,3	.....	.....	....	NE. 1	0,64
19	567,61	+ 0,50	567,39	568,01	+ 7,18	+ 2,69	+ 4,1	+11,4	.....	.....	....	SO. 1	0,83
20	568,01	+ 0,83	567,76	568,20	+ 7,31	+ 2,73	+ 5,5	+10,6	.....	.....	....	SO. 1	0 59
21	569,33	+ 2,08	568,25	570,27	+ 5,84	+ 1,18	+ 4,0	+ 8,9	.....	.....	....	SO. 2	0,79
22	571,06	+ 3,74	570,74	572,04	+ 7,90	+ 3,16	+ 5,5	+12,0	.....	.....	....	SO. 1	0,64
23	572,19	+ 4,80	571,18	572,65	+ 9,61	+ 4,79	+ 6,8	+13,4	.....	5,0	....	SO. 1	0,58
24	573,00	+ 5,55	572,45	573,40	+ 9,83	+ 4,93	+ 9,0	+13,2	.....	8,0	....	SO. 1	0,61
25	572,51	+ 5,00	572,02	572,84	+11,04	+ 6,06	+ 8,8	+14,6	.....	.....	....	SO. 1	0,33
26	569,43	+ 1,86	568,45	570,50	+ 3,91	— 1,14	+ 2,3	+ 7,2	.....	8,5	....	NE. 1	0,99
27	566,37	— 1,26	566,26	566,63	+ 5,39	+ 0,27	+ 2,3	+ 9,5	.....	.....	....	NE. 1	0,23
28	567,33	— 0,36	566,26	568,31	+ 4,90	— 0,29	+ 2,6	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 2	0,58
29	568,75	+ 1,00	567,75	570,12	+ 2,55	— 2,71	+ 1,7	+ 5,3	.....	.....	....	NE. 2	0,73
30	571,23	+ 3,42	570,46	571,67	+ 3,99	— 1,34	+ 2,0	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 2	0,12

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,11	562,15	562 22	562,38	562,41	562,26	562,20	562,41	562,64
2e »	566,57	566,71	566,90	567,01	567,01	567,08	567,13	567,25	567,39
3e »	569,79	569,76	570,00	570,12	570,11	570,17	570,27	570,44	570,54
Mois	566,16	566,21	566,38	566,50	566,51	566,50	566,53	566,70	566,86
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 1,67	— 0,51	+ 1,09	+ 2,85	+ 2,31	+ 1,23	+ 0,41	— 0,89	— 1,32
2e »	+ 0,56	+ 2,79	+ 5,03	+ 6,41	+ 6,85	+ 6,30	+ 4,67	+ 3,57	+ 2,60
3e »	+ 5,16	+ 5,95	+ 7,47	+ 8,83	+ 9,08	+ 9,12	+ 7,67	+ 6,27	+ 5,93
Mois	+ 1,35	+ 2,74	+ 4,53	+ 6,03	+ 6,08	+ 5,55	+ 4,25	+ 2,98	+ 2,40

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 2,10	+ 2,95	0,72	23,2	260
2e »	+ 0,56	+ 7,09	0,56	—	—
3e »	+ 4,50	+ 9,95	0,56	21,5	—
Mois	+ 0,99	+ 6,66	0,61	44,7	260

Dans ce mois, l'air a été calme 0,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,38 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 60,0 sur 100.

ÉTUDE COMPARATIVE

DE

DIFFÉRENTES QUALITÉS D'ACIER

AU POINT DE VUE DE LEUR AIMANTATION ET DE LA PERMANENCE DE LEUR POUVOIR MAGNÉTIQUE

PAR

M. Raoul PICTET.

Nous avons eu entre les mains sept qualités d'acier différentes provenant de diverses maisons de commerce, notamment de MM. Lesbohm et Deikstahl à Sheffield et de MM. Böhler et Ce à Vienne.

Ces qualités sont nettement différentiées par les quantités de carbone associées au fer.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de voir quelle influence les diverses proportions de carbone exercent sur le pouvoir magnétique de ces aciers, car la fabrication des aimants artificiels, des boussoles, etc., prend tous les jours plus d'importance.

Voici comment nous avons organisé notre plan d'expérience : Nous avons fait construire sept aimants en fer à cheval. Chacun de ces aimants est composé de trois éléments juxtaposés et maintenus serrés les uns contre les autres par des vis et des pinces de serrage en cuivre.

Pour obtenir des aimants aussi identiques que pos-

sible, nous avons fait forger les barres d'acier en les réduisant en lames minces. Ces lames ont été coupées de longueur et immédiatement poinçonnées pour éviter toute confusion dans les différentes qualités.

Un gabari identique a permis de courber tous ces éléments en forme de fer à cheval.

Hauteur du fer à cheval	150	millim.
Écartement des bras extérieurs	53	»
» » intérieurs	25	»
Largeur des lames	14	»
Épaisseur des lames	4	»
L'élément du milieu de l'aimant dépasse les deux autres éléments de	9	»

Dans chaque aimant l'élément central dépasse de 9 millim. les deux éléments latéraux.

Les armatures, absolument identiques et coupées dans le même morceau de fer doux laminé, sont légèrement arrondies de manière à ne toucher l'aimant que sur une seule génératrice.

Un crochet passé dans l'armature s'adapte au dynamomètre et permet de mesurer directement l'effort de rupture.

Il était très nécessaire d'obtenir pour tous ces aimants une trempe identique ; nous avons partagé tous les éléments de ces sept aimants en trois paquets de sept éléments chacun, ayant soin de mettre dans chaque paquet un élément de chaque qualité d'acier.

Nous avons chauffé ces trois paquets, sensiblement à la même température et nous les avons trempés dans l'eau froide, ce qui nous a donné une trempe dure. Les barreaux d'acier étaient au rouge cerise au moment de leur immersion.

Nous devons reconnaître que la trempe a déformé légèrement quelques éléments qui n'ont pas conservé une forme parfaitement plane. Toutefois, nous avons lutté contre cet inconvénient en serrant fortement au moyen des pinces les éléments réunis dans chaque aimant. Nous pouvons donc considérer les sept aimants fabriqués par la méthode décrite comme assez semblables entre eux dans toutes leurs parties.

Ces aimants, avant leur aimantation, ont tous été recuits jusqu'à 300 degrés pour les amener à un état magnétique parfaitement neutre.

Nous les avons vérifiés au moyen d'une boussole en approchant successivement chacun des deux bras de l'aimant de la même extrémité de la boussole. Les déviations mesurées sur le limbe étaient identiques et de même signe.

Cette vérification faite, restait à aimanter tous ces aimants dans des conditions aussi identiques que possible, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus et classer ainsi les différentes qualités d'acier.

Trois facteurs importants agissent sur le résultat de l'aimantation d'un aimant :

1° La méthode de touche employée.

2° La puissance magnétique utilisée et les variations dans son intensité.

3° La durée de la touche ou le nombre des touches.

On peut se servir indifféremment d'aimants artificiels ou d'électro-aimants comme de puissance magnétique, mais dans le cas présent la discussion du problème exige l'électro-aimant avec un courant constant.

En effet les aimants artificiels, même de grande dimension, ne sont pas absolument fixes dans leur pouvoir

magnétique. Lorsqu'on s'en sert pour aimanter des barreaux neutres, l'influence réciproque qui se développe nécessairement dans les passes entre l'aimant inducteur et l'aimant induit, modifie le pouvoir magnétique émanant de l'aimant primitif. Son action sur un deuxième aimant ne sera donc plus absolument la même que sur le premier.

De plus les aimants artificiels sont loin d'être saturés et ils possèdent en général une puissance bien inférieure aux électro-aimants.

Par contre les électro-aimants sont susceptibles de variations considérables dans leur pouvoir magnétique suivant l'intensité du courant qui les traverse.

Il était donc nécessaire de se servir dans nos expériences d'un courant constant et d'un électro-aimant.

Nous avons choisi l'électro-aimant de grand modèle du cabinet de physique qui a été construit il y a une vingtaine d'années par les soins et sous la surveillance de M. le professeur Wartmann.

Le courant était produit par une machine dynamo-électrique du système Bürgin, actionnée dans les sous-sols de l'Université par un moteur hydraulique.

Un galvanomètre recevait un courant dérivé du courant principal établi sur le principe de M. le prof. A. de la Rive dans ses expériences sur le pouvoir rotatoire du plan de polarisation des substances sensibles à l'influence magnétique.

Le galvanomètre était placé à une trentaine de mètres de l'électro-aimant et de la machine dynamo-électrique, de manière à le soustraire aux influences perturbatrices, autant que le comportait la disposition des lieux.

Dans ces conditions nous avons laissé fonctionner la

machine trois quarts d'heure pour que le courant électrique ait eu le temps de chauffer tout le circuit métallique dont la conductibilité est fonction de la température.

La température étant devenue constante et la marche de l'appareil présentant tous les caractères de la plus parfaite régularité, nous avons commencé les lectures sur le galvanomètre pour obtenir les premiers points de repère.

Ces indications permettaient de vérifier la constance du pouvoir magnétique de l'électro-aimant durant toute la durée des expériences.

Pour aimanter les aimants nous avons adopté une méthode aussi uniforme que possible.

Nous avons pris chaque aimant à part, nous l'avons séparé dans ses trois éléments et chacun de ceux-ci, l'un après l'autre, a été aimanté par une seule passe sur l'électro-aimant.

En général, pour obtenir le maximum de l'aimantation, on dispose sur l'extrémité de l'aimant que l'on veut renforcer une armature de fer doux qui s'enlève avec l'aimant à la fin de la passe, de manière à ce que l'aimant se trouve *fermé* au moment de la rupture avec l'électro-aimant.

Nous avons renoncé à ce procédé, parce que la brusquerie avec laquelle s'opère l'arrachement de l'aimant entraîne souvent un déplacement trop considérable de cette armature mobile. Nous avons fait les passes de la manière suivante :

Chacun des éléments est saisi entre le pouce et l'index des deux mains. Le premier contact entre l'électro-aimant et l'élément s'effectue aussi près des doigts que possible, puis, en opérant une traction uniforme, les

armatures de l'électro-aimant glissent simultanément jusqu'aux extrémités des deux branches de l'élément.

Pour donner à ces passes toute la régularité nécessaire, un métronome battait la seconde; chaque passe était exactement de la durée d'une seconde.

Après la première passe, nous avons mesuré le pouvoir magnétique développé dans chaque élément séparément et dans l'aimant formé par la réunion des trois éléments dès que le troisième élément était aimanté.

Nous avons ainsi réalisé dans une certaine mesure, la constance dans le pouvoir magnétique, l'identité des passes magnétiques et l'égalité dans leur durée, pour les sept aimants mis en expérience.

Voici la désignation des sept qualités d'acier employées pour fabriquer les septs aimants :

MARQUES	QUALITÉS DES ACIERS
N° 1. —	Acier anglais de la maison Lesbohm et Deikstahl à Sheffield, portant le N° 1 du catalogue de cette maison. Cet acier contient 1 $^1/_2$ $^0/_0$ de carbone.
N° 2. —	Acier anglais de la même maison que le N° 1. Il contient 1 $^1/_8$ $^0/_0$ de carbone. Cet acier se soude très difficilement.
N° 3. —	Acier anglais de la même maison que les deux N° précédents. Il contient seulement $^7/_8$ $^0/_0$ de carbone. Cet acier se soude sans aucune difficulté.
N° 4. —	Acier anglais, même maison. Cet acier est fabriqué par des procédés spéciaux qui sont restés secrets. Il est très dur à l'extérieur et relativement doux au centre.

Il s'emploie avec avantage pour les alésoirs, les tarauds, les vis.

Il se trempe facilement au rouge sombre.

N° 5. — Acier fondu de Styrie, de la maison Böhler et Ce de Vienne. Cet acier contient du manganèse. Le traitement de l'acier manganésien est analogue à celui de l'acier anglais fin pour tout ce qui concerne le forgeage, la trempe, la soudure, etc.

N° 6. — Acier français fin. Provenance inconnue. Cet acier devient très dur à la trempe.

N° 7. — Acier à ressort, de provenance allemande. Cette qualité d'acier ne devient pas assez dure à la trempe pour pouvoir servir aux outillages. Acier très ordinaire.

Le dynamomètre dont nous nous sommes servi est à ressort et donne des indications suffisamment exactes au gramme près.

Un petit index poussé par le ressort indique, après chaque expérience, la puissance d'attraction de l'armature au moment où la rupture s'est produite.

Nous déduisons de toutes les lectures un poids de 42 grammes, poids de l'armature de fer doux attachée au dynamomètre.

Voici le tableau de la première série d'expériences faites le 25 juin 1879.

Dans la première colonne nous mettons le N° de la marque de l'aimant.

Dans la seconde colonne nous inscrivons les lectures du dynamomètre corrigées du poids de l'armature pour chacun des trois éléments séparément.

Dans la troisième colonne se trouve la lecture corrigée du dynamomètre correspondant à l'aimant entier formé de la réunion des trois éléments.

Expériences du 25 juin 1879.

			Poids de rupture des 3 éléments réunis
Aimant n° 1. .	Élément n° 1.	650 grammes.	1836 grammes.
	Id. n° 2.	538 id.	
	Id. n° 3.	595 id.	
	Total. . .	1783 grammes.	
Aimant n° 2. .	Élément n° 1.	380 grammes.	1016 grammes.
	Id. n° 2.	266 id.	
	Id. n° 3.	319 id.	
	Total. . .	965 grammes.	
Aimant n° 3. .	Élément n° 1.	735 grammes.	2385 grammes.
	Id. n° 2.	778 id.	
	Id. n° 3.	713 id.	
	Total. . .	2226 grammes.	
Aimant n° 4. .	Élément n° 1.	695 grammes.	2118 grammes.
	Id. n° 2.	688 id.	
	Id. n° 3.	619 id.	
	Total. . .	2002 grammes.	
Aimant n° 5. .	Élément n° 1.	327 grammes.	1183 grammes.
	Id. n° 2.	382 id.	
	Id. n° 3.	406 id.	
	Total. . .	1115 grammes.	
Aimant n° 6. .	Élément n° 1.	380 grammes.	1065 grammes.
	Id. n° 2.	353 id.	
	Id. n° 3.	307 id.	
	Total. . .	1040 grammes.	
Aimant n° 7. .	Élément n° 1.	703 grammes.	2207 grammes.
	Id. n° 2.	718 id.	
	Id. n° 3.	693 id.	
	Total. . .	2114 grammes.	

On peut remarquer déjà dans le tableau précédent que tous les nombres de la dernière colonne, nombres qui représentent l'effort nécessaire pour équilibrer le pouvoir magnétique des aimants, sont plus élevés que la somme des pouvoirs magnétiques des éléments observés séparément.

Nous ne nous rendons pas bien compte de la cause de cette différence, ni surtout du sens de cette différence qui atteint 159 grammes pour l'aimant N° 3, et qui n'est que de 25 grammes pour l'aimant N° 6.

Après avoir fait cette première série d'observations, nous avons repris les aimants et avons donné successivement 1, 2 puis 4, 10 et 20 passes à chaque élément. Nous avons enregistré les résultats dans le tableau suivant.

Première colonne: Marque des aimants.

Les sept colonnes suivantes indiquent en haut le nombre de passes données avant la lecture des nombres inscrits dans ces colonnes. Ces nombres représentent en grammes le pouvoir magnétique des aimants complets.

Neuvième colonne. Total des passes.

Dixième colonne. Pouvoir magnétique final.

MARQUE aimant.	NOMBRE DES PASSES AVANT CHAQUE LECTURE							TOTAL des passes.	POUVOIR final.
	0	1	1	2	4	10	20		gr.
1	0	1836	1927	1963	1902	1875	1960		1960
2	0	1016	1530	1785	2361	2548	2750		2750
3	0	2385	2983	3017	3570	3628	3650		3650
4	0	2118	2871	3616	3948	4175	4200	38	4200
5	0	1183	1948	2620	2743	2653	2500		2500
6	0	1065	1827	2314	2937	2721	2834		2834
7	0	2207	2871	3516	3680	3730	3750		3750

Ce tableau montre des divergences considérables entre

les différentes qualités d'acier. Quelques aimants augmentent constamment leur pouvoir magnétique et s'approchent asymptotiquement du point de saturation. Ce sont les aimants 2, 3, 4 et 7.

D'autres, au contraire, présentent dans la courbe de leur pouvoir magnétique des points d'inflexion. Leur pouvoir diminue avec de nouvelles passes, comme on le voit, par les aimants 1, 5 et 6.

Il semble que des aimants conséquents inverses se forment dans la masse et paralysent une partie de l'effet total.

Ainsi que M. Jamin le pense, la surface extérieure des aimants, plus fortement trempée que la partie centrale, peut être le siège de ces anomalies magnétiques.

Entre l'aimant 1 et l'aimant 4, la différence du pouvoir magnétique est de plus de 100 °/₀: 1960 gr. pour le n° 1 et 4200 pour le n° 4.

Pendant toute cette série d'expériences, le galvanomètre, qui mesurait l'intensité du courant agissant sur l'électro-aimant, est resté parfaitement fixe, oscillant entre 51° 30′ et 51°.

Nous pouvons donc affirmer que la constance du pouvoir magnétique inducteur a été presque absolue.

Après les lectures faites au dynamomètre, lectures inscrites dans le tableau précédent, nous avons mis à chaque aimant son armature bien nettoyée pour éviter tout grain de poussière qui empêcherait un contact parfait, puis nous avons laissé les aimants dans une armoire fermée à clef, de telle sorte qu'aucune influence quelconque ne puisse agir sur eux.

Le 20 octobre 1879, nous avons mesuré de nouveau le pouvoir magnétique de ces mêmes aimants et nous les avons replacés dans l'armoire.

Nous avons répété ces observations aux dates suivantes :

21 décembre 1879,
20 avril 1880,
20 novembre 1880,
20 mai 1881,
26 juin 1881.

Voici le tableau de ces résulats :

MARQUE des aimants.	POUVOIR MAGNÉTIQUE A DIFFÉRENTES DATES					
	25 juin 79.	21 déc. 79.	20 avril 80.	20 nov. 80.	20 mai 81.	26 juin 81.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1	1960	1962	1959	1940	1920	1915
2	2750	2760	2774	2710	2730	2720
3	3650	4110	4180	4250	4265	4275
4	4200	4230	4225	4217	4212	4208
5	2500	2380	2360	2320	2275	2209
6	2834	2825	2822	2811	2800	2777
7	3750	3840	3890	—	—	—

Un accident est arrivé à l'aimant n° 7, qui est tombé à terre, et dont un des éléments s'est brisé. Nous ne l'avons suivi que jusqu'au 20 avril 1880, jour de l'accident :

Chaque qualité d'acier présente des caractères particuliers dans son pouvoir magnétique.

Quelques aimants se sont considérablement accrus durant cette longue immobilité dans l'armoire, en contact direct avec leur armature, d'autres, au contraire, se sont affaiblis.

L'aimant 3 a passé spontanément de 3650 à 4275 gr. gagnant ainsi 625 gr. en deux ans.

L'aimant 6 a perdu dans le même temps 57 gr. ; l'aimant 5 a perdu 291 gr.

Quelques aimants ont conservé, presque sans changement, leur pouvoir magnétique.

Conclusions.

Si nous comparons les différentes qualités d'acier au point de vue magnétique, nous devons donner la préférence à l'acier qui atteint et conserve le mieux le pouvoir magnétique le plus considérable.

D'après le tableau précédent, ce sont les qualités 3 et 4 qui sont les meilleures.

Ces aciers sont de provenance anglaise et contiennent *peu de charbon.*

Nous voyons que l'acier qualité sept est un acier de mauvaise qualité, servant spécialement pour les ressorts et impropre à la trempe; malgré ces défauts il a fourni un bon aimant. Cet acier est peu homogène, il est composé d'un mélange intime de fer et de *fer cémanté* avec faible proportion de charbon.

Nous sommes donc amenés à penser que le pouvoir magnétiqne des aimants est lié à la présence du carbone dans le fer et surtout qu'il dépend de l'agrégation de ce carbone au fer.

Une trop forte proportion de carbone est mauvaise, comme dans la fonte et les qualités 1, 2 et 5 de nos tableaux.

Une trop faible quantité de carbone supprime ou affaiblit le magnétisme rémanent.

L'augmentation du pouvoir magnétique dans un aimant par le seul fait de la présence au contact de son armature est un phénomène certain pour quelques qualités d'acier, mais il n'est point constant pour toutes les qualités.

Ce sont les premières passes magnétiques qui déve-

loppent la presque totalité du magnétisme rémanent chez tous les aimants artificiels.

L'arrachage de l'armature par le dynamomètre ne semble pas avoir d'action sur le pouvoir magnétique des aimants.

Il faut seulement éviter soigneusement le glissement de l'armature dès que le point de rupture approche.

Nous ferons une seconde série d'expériences avec ces aimants en leur ôtant l'armature et en les abandonnant à eux-mêmes non fermés.

QUELQUES THÉORÈMES DE THERMODYNAMIQUE

ET LEUR APPLICATION

A LA THÉORIE DE LA VAPEUR D'EAU

PAR

M. G. CELLÉRIER

I. *Introduction.*

Dans le mémoire suivant nous préciserons les propriétés et la nature des fonctions S d'intégralité, en général et pour les gaz parfaits. Nous nous baserons ensuite sur un fait démontré par les expériences de M. Regnault, à savoir l'invariabilité, pour la vapeur d'eau, de la chaleur spécifique sous pression constante, afin d'en déduire les lois de la vapeur surchauffée, ainsi que diverses formules reliant entre eux à chaque température les éléments de la vapeur saturée.

II. *Équations fondamentales.*

Quand on fournit une quantité $A\,dT$ de chaleur à un corps (A étant l'équivalent calorifique du travail), une partie $A\,dI$ se transforme en travail intérieur, et une partie $A\,p\,dv$ en travail extérieur, de sorte que

$$dT = dI + pdv$$

Comme I est nécessairement une fonction de p et v, on peut écrire

(1) $$dT = Xdp + Ydv$$

en posant

(2) $$X = \frac{dI}{dp}, \quad Y = \frac{dI}{dv} + p$$

Soit $\frac{1}{S}$ le facteur d'intégrabilité de l'équation (1), on aura

(3) $$\frac{d\frac{X}{S}}{dv} = \frac{d\frac{Y}{S}}{dp}$$

Les équations (2) donnent du reste

(4) $$\frac{dY}{dp} - \frac{dX}{dv} = 1$$

et des équations (3) et (4) on tire

(5) $$xY - yX = S$$

en posant

(6) $$\frac{dS}{dp} = x, \quad \frac{dS}{dv} = y$$

On a du reste

(7) $$dS = xdp + ydv$$

Enfin les équations (1), (5), (7) donnent par leur combinaison

(8) $$\begin{cases} XdS = xdT - Sdv \\ dT = \dfrac{XdS + Sdv}{x} \end{cases}$$

$$(9)\qquad \begin{cases} YdS = ydT + Sdp \\ dT = \dfrac{YdS - Sdp}{y} \end{cases}$$

III. *Propriété fondamentale de la fonction* S.

Une courbe *adiabatique* a pour équation entre p et v

$$dT = 0$$

et une courbe *isoessique*

$$dS = 0$$

c'est-à-dire

$$(1)\qquad dT = \frac{S\,dv}{x} = -\frac{S\,dp}{y}$$

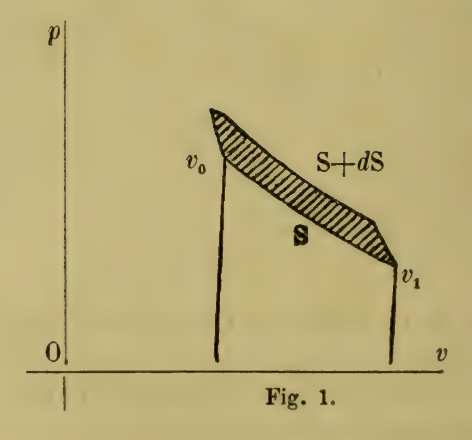


Fig. 1.

Soient deux courbes isoessiques très rapprochées

$$S \text{ et } S + dS$$

et menons deux arcs adiabatiques élémentaires aux points d'abscisses v_0 et v_1; l'aire de ce cycle mesure le travail dL produit. On a

$$dL = \int_{v_0}^{v_1} dp dv$$

intégrale dans laquelle dp est, pour v constant, égal à $\frac{dS}{x}$

Ainsi

$$dL = \int_{v_0}^{v_1} \frac{dS dv}{x}$$

Or dS est indépendant de v et sur la courbe on a d'après l'équation (1) :

$$\frac{dT}{S} = \frac{dv}{x},$$

donc, en intégrant

$$dL = \frac{dS}{S} T \qquad (2)$$

AT étant la quantité de chaleur fournie pendant le trajet isoessique S.

Considérons maintenant un cycle fini composé de deux courbes adiabatiques et de deux courbes isoessiques et menons deux courbes isoessiques infiniment rapprochées S et S + dS.

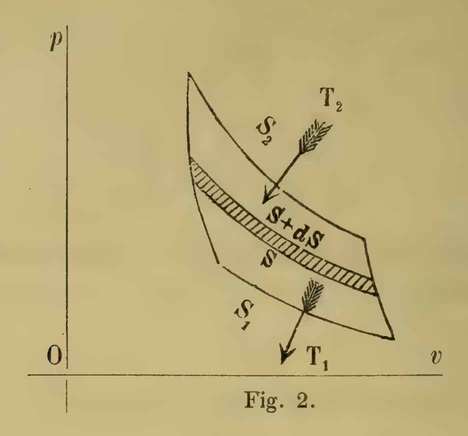


Fig. 2.

Le principe de l'équivalence donne l'équation suivante pour ce cycle élémentaire supposé isolé :

$$d\mathrm{T} = d\mathrm{L}$$

dT étant l'excès d'équivalent de chaleur reçu sur la courbe $\mathrm{S} + d\mathrm{S}$. Cette équation et l'équation (2) donnent pour le cycle :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\mathrm{T}}{\mathrm{S}} = \text{constante} \\ \mathrm{L} = \mathrm{T} + \text{constante.} \end{array} \right.$$

Si S_1 et S_2 sont les valeurs extrêmes de S, on éliminera cette constante par la considération des valeurs extrêmes T_1 et T_2 de T et on aura

$$\frac{\mathrm{T}_1}{\mathrm{S}_1} = \frac{\mathrm{T}_2}{\mathrm{S}_2}, \quad \mathrm{L} = \mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1$$

d'où

(4)
$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{L}{T_1} = \dfrac{S_2 - S_1}{S_1} \\ \dfrac{L}{T_2} = \dfrac{S_2 - S_1}{S_2} \\ \dfrac{L}{S_2 - S_1} = \dfrac{T_1}{S_1} = \dfrac{T_2}{S_2} \end{array}\right.$$

Ces équations représentent la propriété caractéristique de la fonction S.

IV. *Détermination de la fonction* S.

Si on chauffe successivement un corps sous pression constante et sous volume constant, on a

$$dT_p = Ydv = \frac{c_p}{A}\,\eta dv$$

$$dT_v = Xdp = \frac{c_v}{A}\,\xi dp$$

en appelant c_p et c_v les chaleurs spécifiques du corps à la température t qu'il possède et en regardant t comme une fonction de p et v, de sorte qu'on a

$$dt = \xi dp + \eta dv$$

On déduit de là généralement :

(1)
$$\left\{\begin{array}{l} X = \dfrac{c_v}{A}\,\xi \\ Y = \dfrac{c_p}{A}\,\eta \end{array}\right.$$

et la fonction S devra satisfaire aux conditions

$$(2)\qquad \frac{d.\dfrac{c_v\,\xi}{S}}{dv} = \frac{d.\dfrac{c_p\,\eta}{S}}{dp}$$

$$(3)\qquad AS = c_p\,\eta\,\frac{dS}{dp} - c_v\,\xi\,\frac{dS}{dv}$$

V. *Expression de* S *pour les gaz parfaits.*

Pour les gaz on a

$$273 + t = \theta = \frac{pv}{R},\ dc_p = dc_v = 0$$

d'où

$$\xi = \frac{v}{R},\ \eta = \frac{p}{R}$$

et S est déterminé par la condition

$$\frac{d\dfrac{v}{S}}{dv} = k\,\frac{d\dfrac{p}{S}}{dp}$$

en posant $c_p = k\,c_v$.

Cette équation devient

$$kp\,\frac{dS}{dp} - v\,\frac{dS}{dv} = (k-1)\,S$$

dont l'intégrale générale et complète est

$$(1)\qquad S = pv\varphi(pv^k)$$

φ désignant une fonction arbitraire.

L'équation (3) du N° IV est vérifiée par cette expression et donne la condition connue

(2) $$AR = (k - 1)\, c_v = c_p - c_v$$

La fonction φ étant arbitraire, nous voyons qu'il existe pour un gaz une infinité de genres différents de courbes isoessiques, caractérisées par l'équation

(3) $$\theta\varphi(pv^k) = \text{constante.}$$

On sait que l'équation de la courbe adiabatique des gaz est

$$pv^k = \text{constante}$$

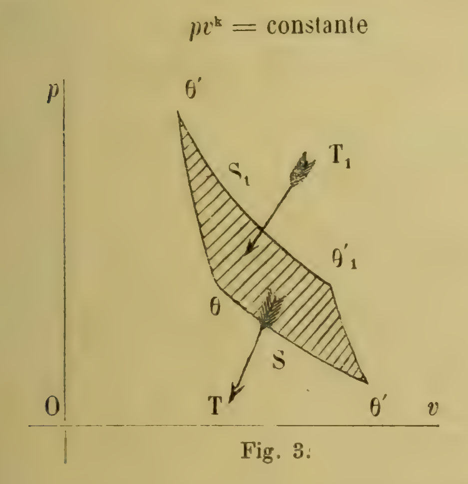


Fig. 3.

de sorte que dans un cycle composé de deux courbes isoessiques S et S_1 et de deux courbes adiabatiques θ, θ_1 et θ', θ'_1, on aura

$$\frac{S_1}{S} = \frac{p_1 v_1}{p\ v} = \frac{p'_1\, v'_1}{p'\ v'}$$

et le rendement sera

$$(4) \qquad \frac{L}{T_1} = \frac{\theta_1 - \theta}{\theta_1} = \frac{\theta'_1 - \theta'}{\theta'_1}, \quad \frac{L}{T} = \frac{\theta_1 - \theta}{\theta} = \frac{\theta'_1 - \theta'}{\theta'}$$

Cette loi aura lieu pour toute opération isoessique de la forme de l'équation (3); par exemple si on pose successivement :

$$\varphi(x) = \left(\frac{1}{x}\right)^{\frac{1}{k}}, \quad \varphi(x) = \frac{1}{x}, \quad \varphi(x) = \text{constante}$$

on voit que l'équation (4) s'appliquera au cas de trajets effectués sous pression, volume ou température constante, à condition toutefois que les deux courbes isoessiques opposées soient de même espèce.

VI. *Autre démonstration de la propriété fondamentale de la fonction* S.

Un cycle très petit ABCD composé de deux éléments isoessiques AB, CD, et deux éléments adiabatiques AC, BD, est sensiblement un parallélogramme.

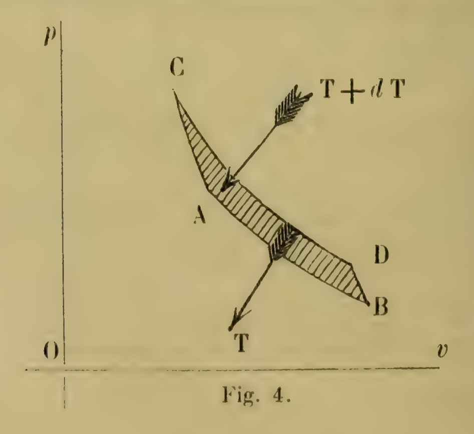


Fig. 4.

Soient :

p, v, S, les coordonnées de A,
$p + \delta p$, $v + \delta v$, S, celles de B,
$p + dp$, $v + dv$, $S + dS$, celles de C.

L'aire du parallélogramme est égale à

$$dL = dp\,\delta v - dv\,\delta p$$

On a sur le trajet AC

$$dS = x dp + y dv$$
$$X dp + Y dv = 0$$

et sur AB

$$x\delta p + y\delta v = 0$$
$$\delta T = X\delta p + Y\delta v$$

On a encore l'équation (5) du N° 1

$$S = xY - yX$$

En combinant convenablement ces 6 équations, on obtient

$$S dL = dS \delta T$$

et l'on retrouve ainsi l'équation (2) du N° III.

VII. *Réciproque du principe de Carnot.*

Réciproquement si un cycle composé de deux arcs adiabatiques AC et BC et de deux courbes

$$AB : F(p, v) = \text{constante}$$
$$CD : F(p, v) + dF(p, v) = \text{constante}$$

a pour rendement

$$\frac{dL}{\delta T} = \frac{dF\,(p, v)}{F\,(p, v)}$$

on peut prouver que $\frac{1}{F\,(p, v)}$ rend intégrable l'expression $\frac{Xdp + Ydv}{F(p, v)}$

En employant les mêmes notations que ci-dessus et en posant en outre

$$\frac{dF}{dp} = \varphi, \quad \frac{dF}{dv} = \psi$$

nous aurons :

$$\text{Sur AB :} \left\{ \begin{array}{l} \varphi\delta p + \psi\delta v = 0 \\ \delta T = X\delta p + Y\delta v \end{array} \right.$$

$$\text{et sur AC :} \left\{ \begin{array}{l} Xdp + Ydv = 0 \\ dF = \varphi dp + \psi dv \end{array} \right.$$

Puis

$$dL = dp\delta v - dv\delta p$$

et enfin

$$FdL = \delta T dF$$

L'élimination entre ces six équations conduit à

$$F = \varphi Y - \psi X$$

On a de plus l'équation (4) du N° II.

$$\frac{dY}{dp} - \frac{dX}{dv} = 1$$

On déduit de ces deux équations

$$F\left(\frac{dY}{dp} - \frac{dX}{dv}\right) - (\varphi Y - \psi X) = 0$$

Le premier membre vaut identiquement

$$F^2\left(\frac{d\frac{Y}{F}}{dp} - \frac{d\frac{X}{F}}{dv}\right)$$

Ainsi

$$\frac{d\frac{Y}{F}}{dp} = \frac{d\frac{X}{F}}{dv}$$

ce qui démontre la proposition énoncée ci-dessus.

VIII. *La température absolue est une fonction* S *commune à tous les corps.*

Nous avons vu que pour les gaz un trajet isothermique était isoessique. Concevons pour un gaz un cycle de Carnot et un cycle pareil pour un autre corps, entre les mêmes limites de température, le rendement du premier est :

$$\frac{\theta_1 - \theta}{\theta_1}$$

Si le rendement du second cycle différait de cette quantité, on pourrait, à volonté, en combinant convenablement une machine employant ces deux corps comme agents, obtenir sans travail soit le mouvement perpétuel, soit le chauffage d'un corps par un corps plus froid, soit le refroidissement de ce dernier par le premier. Donc ce rendement est le même pour tous les corps, et, d'après la proposition du N° VII, tous les trajets isothermiques sont en même temps isoessiques, ce qui nous conduit à la proposition qui fait l'objet de ce paragraphe.

IX. *Équations générales de la chaleur.*

Nous pouvons maintenant introduire, dans les équations du N° II, la température absolue θ à la place de la fonction S; nous pouvons encore substituer

$$X = \frac{c_v \xi}{A}, \quad Y = \frac{c_p \eta}{A}$$

dans ces mêmes équations, d'où résulte :

(1) $$A\theta = (c_p - c_v)\,\xi\eta$$

(2) $$\frac{d \,.\, c_p\,\eta}{dp} - \frac{d \,.\, c_v\,\xi}{dv} = A$$

(3) $$\left\{\begin{aligned} AdT &= c_v \xi dp + c_p \eta dv \\ &= c_v d\theta + (c_p - c_v)\,\eta dv = c_v d\theta + \frac{A\theta}{\xi}\,dv \\ &= c_p d\theta - (c_p - c_v)\,\xi dp = c_p d\theta - \frac{A\theta}{\eta}\,dp \end{aligned}\right.$$

On a du reste

$$d\theta = \xi dp + \eta dv$$

$$\frac{d\xi}{dv} = \frac{d\eta}{dp}$$

Enfin des équations (1) et (2) on tire aisément celles où entrent séparément c_p et c_v; ce sont :

(4) $$\eta\,\frac{dc_p}{dp} - \xi\,\frac{dc_p}{dv} = \frac{A\theta}{\eta^2}\;\frac{d\eta}{dv}$$

(5) $$\eta\,\frac{dc_v}{dp} - \xi\,\frac{dc_v}{dv} = \frac{A\theta}{\xi^2}\;\frac{d\xi}{dp}$$

On peut également obtenir l'équation différentielle donnant S en fonction soit de c_p, soit de c_v ; pour cela on combine l'équation (1) ci-dessus avec l'équation (3) du N° IV, ce qui donne :

$$S\eta - \theta y = \frac{c_p \eta}{A}(x\eta - y\xi) \tag{6}$$

$$S\xi - \theta x = \frac{c_v \xi}{A}(x\eta - y\xi) \tag{7}$$

$$\frac{c_v}{\eta}(S\eta - \theta y) = \frac{c_p}{\xi}(R\xi - \theta x) \tag{8}$$

On se servira de l'une ou l'autre de ces équations, suivant que l'on connaîtra c_p, c_v ou $\frac{c_p}{c_v}$.

X. *Équation générale de la vapeur d'eau.*

Pour établir l'équation générale de la vapeur, nous tiendrons compte des faits suivants :

1° Les expériences de M. Regnault ont démontré que pour la vapeur la chaleur spécifique sous pression constante est une quantité sensiblement *invariable.*

2° Un état *final* de la vapeur est celui de gaz parfait. On arrive à ce résultat en la dilatant indéfiniment sous pression constante.

3° Pour obtenir numériquement les valeurs des quantités entrant dans les équations, on considérera l'état de saturation comme un état *initial.*

L'invariabilité de la quantité c_p, introduite dans l'équation (4) du N° précédent, donne

$$\frac{d\eta}{dv} = 0 \text{ ou } \frac{d^2\theta}{dv^2} = 0$$

d'où

$$\theta = v\varphi(p) + \psi(p)$$

φ et ψ étant deux fonctions arbitraires.

On tire de cette équation :

$$\frac{pv}{\theta} = \frac{p}{\varphi(p)} - \frac{1p\psi(p)}{\theta\varphi(p)}$$

En surchauffant indéfiniment sous pression constante, on a, R désignant une constante caractérisant l'état de gaz parfait :

$$\text{lim.}\ \frac{pv}{\theta} = \mathrm{R}\ ,\ \text{lim.}\ \frac{1}{\theta} = 0$$

d'où

$$\mathrm{R} = \frac{p}{\varphi(p)}$$

ou bien

$$\varphi(p) = \frac{p}{\mathrm{R}}$$

Ainsi

(1) $$\theta = \frac{pv}{\mathrm{R}} + \psi(p)$$

Pour déterminer les valeurs de $\psi(p)$, considérons l'état de saturation, et désignons par θ' et v' les valeurs de θ et de v relatives à la vapeur saturée sous la pression p. On aura

$$\theta' = \frac{pv'}{\mathrm{R}} + \psi(p)$$

et par suite

$$\theta - \theta' = \frac{p(v - v')}{R} \tag{2}$$

XI. *Ce que deviennent les lois de Mariotte et de Gay-Lussac pour la vapeur d'eau.*

Nous pouvons appeler *volume spécifique relatif* et *température relative* de la vapeur les accroissements que prennent son volume spécifique et sa température quand on la surchauffe, sous pression constante, depuis l'état de saturation jusqu'à un état quelconque.

En désignant par V et Θ ces deux quantités, on aura

$$\theta - \theta' = \Theta, \quad v - v' = V$$

et l'équation (2) ci-dessus prendra la forme simple

$$pV = R\Theta \tag{1}$$

Si nous considérons un poids Q de vapeur, nous poserons

$$VQ = W$$

et nous appellerons *volume relatif* W de ce corps l'accroissement de volume qu'il prendra quand il sera surchauffé sous pression constante depuis l'état de saturation jusqu'à un état quelconque.

On aura alors

$$pW = RQ\Theta \tag{2}$$

Supposons maintenant Θ constant, on aura

$$pW = \text{constante}$$

et l'on pourra formuler la loi suivante qui présente une grande analogie avec la loi de Mariotte et dont cette dernière est du reste une limite.

Le volume relatif d'une même quantité de vapeur dont la température relative reste constante est en raison inverse de la pression qu'elle supporte.

Si dans l'équation (2) nous supposons p constant, nous obtenons

$$\frac{V}{\Theta} = \text{constante}$$

et nous pouvons dire que *le volume relatif d'une même quantité de vapeur dont la pression reste constante est proportionnel à sa température relative.*

Et de même :

Si le volume relatif est invariable, la pression de la vapeur est proportionnelle à sa température relative.

Ces deux dernières lois ont pour limite la loi de Gay-Lussac; en effet, quand la vapeur sera très éloignée de l'état de saturation, les quantités θ' et v' seront fort petites par rapport à θ et v; et on pourra confondre v avec V, θ avec Θ.

Ces trois lois montrent donc l'analogie qui existe entre la vapeur d'eau et les gaz parfaits.

XII. *Chaleur spécifique sous volume constant.*

Pour calculer la chaleur spécifique sous volume constant, on fera usage de l'équation (1) du N° IX

$$A\theta = (c_p - c_v)\,\xi\eta$$

d'où

$$c_v = c_p - \frac{A\,\theta}{\xi\,\eta}$$

L'équation (1) du N° X donne en effet par différentiation

(1) $$\xi = \frac{v}{R} + \psi'(p), \quad \eta = \frac{p}{R}$$

d'où

(2) $$c_v = c_p - \frac{AR^2\,\theta}{p\,[v + R\,\psi'(p)]}$$

équation d'où l'on tire c_v, c_p étant connu.

On peut poser

$$\frac{AR}{c_p} = m$$

et obtenir une expression simple de c_v. Posant

(3) $$z = \frac{\theta^{\frac{1}{m}}}{p},$$

l'équation (2) se transforme en celle-ci :

(4) $$\frac{c_v}{AR}\;\frac{d.\log\theta}{dp} = \frac{d.\log z}{dp}$$

La quantité z définie par l'équation (3) jouera un rôle important dans la suite.

XIII. *Trajet adiabatique.*

Les équations fondamentales du N° IX comprennent celle-ci :

$$A dT = c_p d\theta - \frac{A\theta}{\eta} dp$$

En substituant dans cette équation

$$\eta = \frac{p}{R},$$

elle prend la forme

$$A dT = c_p d\theta - \frac{AR\theta dp}{p}$$

Posant $dT = 0$, on obtient l'équation du trajet adiabatique

(1) $$\frac{\theta^{\frac{1}{m}}}{p} = z = \text{constante}$$

On déduit de là cette loi remarquable :

Dans le trajet adiabatique de la vapeur d'eau, la relation qui existe entre la pression et la température est simple, indépendamment de l'état de ce corps; elle est par conséquent la même dans le voisinage de l'état de saturation que dans l'état de gaz parfait.

Si l'on substitue $\theta = \frac{pv}{R} + \psi(p)$ dans l'équation (1), on obtient

$$\frac{p^m}{pv + R\psi(p)} = \text{constante}$$

Ici $\psi(p)$ n'est pas donné à priori; on sait seulement qu'il est négligeable dans l'état de gaz parfait, de sorte qu'on a comme équation limite

$$\frac{p^{m-1}}{v} = \text{constante}$$

et l'on est conduit à dire que *dans le trajet adiabatique de la vapeur, la relation qui existe entre la pression et le volume spécifique n'est ni simple ni déterminée à priori; elle affecte donc une autre forme dans le voisinage de l'état de saturation que dans l'état de gaz parfait.*

XIV. *Trajet isothermique.*

On obtiendra l'équation du trajet isothermique en posant

$$\theta = \text{constante}$$

c'est-à-dire

$$pv + R\psi(p) = \text{constante}$$

ou bien encore

$$p(v - v') + R\,\theta' = \text{constante}$$

v' et θ' étant ici fonctions de p.

L'on voit par cette équation que le trajet isothermique ne présente aucun caractère de simplicité.

Mais il n'en sera pas de même de l'expression qui donne la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir l'isothermicité.

On a en effet, si $d\theta = 0$:

$$A dT = -\frac{A\theta dp}{\eta}$$

ou

$$dT = -R\theta \frac{dp}{p}$$

d'où

$$AT = AR\theta \log \text{nép} \frac{p_0}{p_1}$$

p_0 et p_1 étant les pressions initiale et finale.

Cette expression est simple et indépendante de la fonction $\psi(p)$. On a donc cette loi :

La quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la vapeur d'eau à une température constante est une fonction simple de cette température et du rapport des pressions initiale et finale, indépendamment de l'état de ce corps. Cette fonction est donc la même près de l'état de saturation que dans l'état de gaz parfait.

XV. *Courbes isoessiques de la vapeur d'eau.*

Pour obtenir les courbes caractérisées par la condition

$$S(p,v) = \text{constante}$$

S étant une fonction jouissant des propriétés fondamentales établies précédemment, il faut appliquer à la vapeur l'équation (6) du N° IX, dans laquelle on doit substituer :

$$\theta = \frac{pv}{R} + \psi(p)$$

$$\xi = \frac{v}{R} + \psi'(p)$$

$$\eta = \frac{p}{R}$$

Posons en outre $c_p = \frac{AR}{m}$, la substitution de ces 4 ex-

pressions donnera

$$S = \frac{pdS}{mdp} + \left[\frac{m-1}{m}v + R\,\frac{m\psi(p) - p\psi'(p)}{mp}\right]\frac{dS}{dv}$$

équation du premier ordre aux dérivées partielles dont l'intégrale générale et complète est

$$S = p^m\,F\left[\frac{\frac{pv}{R} + \psi(p)}{p^m}\right]$$

ou mieux encore

$$(1) \qquad S = \theta f(z)$$

$f(z)$ désignant une fonction arbitraire de la quantité z définie au N° XII.

Considérons maintenant un cycle (fig. 5) composé de deux courbes isoessiques de même espèce AB et CD, et de deux courbes adiabatiques AC et BD ; soient p, θ et p_1, θ_1 les états de la vapeur au commencement et à la fin de l'une des périodes adiabatiques.

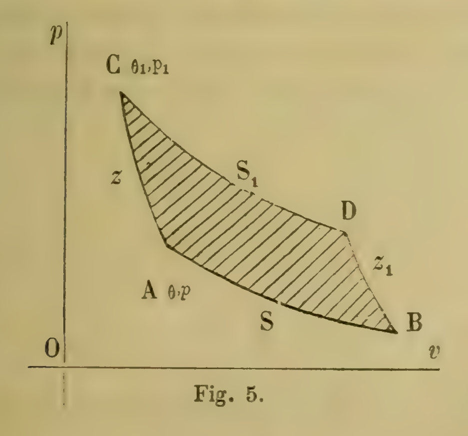


Fig. 5.

D'après l'équation (1) du N° XIII, on a sur le trajet AC : $z =$ constante, d'où $f(z) =$ constante
et par suite, aux points A et C, en vertu de l'équation (1) ci-dessus :

$$\frac{S_1}{S} = \frac{\theta_1}{\theta}$$

Ainsi le rendement d'un semblable cycle est égal à

$$(2) \qquad \frac{S_1 - S}{S_1} = \frac{\theta_1 - \theta}{\theta_1}$$

Nous arrivons donc, pour la vapeur d'eau, au résultat suivant trouvé précédemment pour les gaz parfaits :

Le rendement de tout cycle composé de deux courbes isoessiques de même espèce et de deux courbes adiabatiques est mesuré par les températures extrêmes de l'une quelconque des courbes adiabatiques et de la même manière que dans le cycle de Carnot.

Ce principe subsiste quelle que soit du reste la forme de la fonction $f(z)$. Nous pouvons en choisir diverses à volonté.

1° Si $f(z) = 1$, l'équation (1) devient $S = \theta$, et l'on retombe ainsi dans le cas des courbes isothermiques.

2° Si $f(z) = \frac{1}{z^m}$, la courbe isoessique de cette espèce est une dilatation sous pression constante, opération qui sera par conséquent soumise au principe énoncé ci-dessus.

XVI. *La vapeur d'eau saturée.*

Pour transformer 1^k de vapeur saturée à θ' en vapeur

saturée à $\theta' + d\theta'$, on sait qu'il faut lui fournir une quantité de chaleur égale à $hb\theta'$, en faisant :

$$(1) \qquad h = \frac{d\lambda}{d\theta'} - \frac{r}{\theta'}$$

λ étant la chaleur totale et r la chaleur latente de vaporisation à la température θ'. Nous aurons donc

$$(2) \qquad \mathrm{A}d\mathrm{T}' = hd\theta'$$

à fournir en calories pour une pareille transformation.

Prenons l'une des équations (3) du N° IX

$$\mathrm{A}d\mathrm{T}' = c_p d\theta' - \frac{\mathrm{A}\theta'}{\eta}\,dp$$

et posons $\eta = \frac{p}{\mathrm{R}}$, on déduit des équations ci-dessus

$$(3) \qquad \mathrm{R} = \frac{c_p - h}{\mathrm{A}\,\frac{\theta' dp}{p d\theta'}}$$

Cette équation sert à déterminer la valeur de R d'après les données expérimentales. On a d'abord :

$$c_p = 0{,}4805, \quad \mathrm{A} = \frac{1}{424}$$

$$h = 0{,}305 - \frac{r}{\theta'}$$

$$(4) \qquad c_p - h = 0{,}1755 + \frac{r}{\theta'}$$

Pour les températures 0°, 100°, 200°, nous trouvons dans les tables du traité de M. Zeuner

$\theta' - 273 =$	0	100	200
$\frac{r}{\theta} =$	2,2216	1,4383	0,98162
$\frac{\theta' dp}{p d\theta'} =$	19,520	13,344	9,851

d'où l'on déduit

$R =$	52,069	51,278	49,804

En moyenne

$$R = 51,050$$

L'accord considérable obtenu pour ces valeurs de R dans une période de 200° est une pleine confirmation de l'hypothèse qui nous a servi à baser la théorie de la vapeur d'eau, à savoir l'invariabilité de la quantité c_p.

En millimètres de mercure, R prend la valeur numérique

$$3,7547$$

On calculera $\psi(p)$ par la relation

$$\psi(p) = \theta' - \frac{pv'}{R} \tag{5}$$

On tire des tables de M. Zeuner

$\theta' =$	273	373	473
$p =$	4,600	760,00	11689,0
$v' =$	210,661	1,65064	0,12678

d'où

$\psi(p) =$	14,916	38,852	78,320

XVII. *Relations diverses entre les éléments de la vapeur saturée.*

De l'équation (3) donnée ci-dessus, on tire aisément

$$(1) \qquad \mathrm{AR}\frac{dp}{p} = c_p\frac{d\theta'}{\theta'} - \frac{d(\lambda - r)}{\theta'} - d.\frac{r}{\theta'}$$

La chaleur spécifique c' de l'eau liquide varie peu; prenant une valeur moyenne, regardée comme constante, on aura

$$d(\lambda - r) = c'\,d\theta';$$

l'équation (1) s'intègre alors et donne

$$(2) \qquad p^{\mathrm{AR}}\,\theta'^{\,c'-c_p}\,e^{\frac{r}{\theta'}} = \text{constante}$$

On connaît l'équation de Clapeyron

$$\frac{r}{u} = \mathrm{A}\,\theta'\frac{dp}{d\theta'}$$

En la combinant avec l'équation (3) du N° XVI, on obtient la relation simple

$$(3) \qquad \frac{r}{u} = \frac{c_p - h}{\mathrm{R}}\,p$$

On en déduit encore

$$(4) \qquad \psi(p) = \theta' - \frac{r}{c_p - h} - \frac{p\sigma}{\mathrm{R}}$$

σ étant le volume spécifique de l'eau liquide.

Enfin, entre deux états θ'_0 et θ'_1 de saturation, l'équation (2) nous donne

$$(5) \qquad AR \log \text{nép} \frac{p_1}{p_0} = \frac{r_0}{\theta'_0} - \frac{r_1}{\theta'_1} - (c' - c_p) \log \text{nép} \frac{\theta'_1}{\theta'_0}$$

Cette équation présente une certaine analogie avec la formule que M. Raoul Pictet a établie entre deux états de la vapeur, en suivant une méthode différente de la nôtre.

XVIII. *Conclusion.*

Tous les résultats qui précèdent ont été établis d'après les équations fondamentales de la théorie de la chaleur et peuvent dès lors être employés dans les applications.

Nous pouvons résumer ici les théorèmes principaux que nous avons établis dans ce mémoire, en nous basant sur l'invariabilité de la chaleur spécifique de la vapeur d'eau sous pression constante :

1° Le volume relatif d'une même quantité de vapeur dont la température relative reste constante est en raison inverse de la pression qu'elle supporte.

2° Le volume relatif d'une même quantité de vapeur dont la pression reste constante est proportionnel à sa température relative.

3° Si le volume relatif est invariable, la pression de la vapeur est proportionnelle à sa température relative.

4° Dans le trajet adiabatique de la vapeur d'eau, la relation qui existe entre la pression et la température est simple, indépendamment de l'état de ce corps; elle est

par conséquent la même dans le voisinage de l'état de saturation que dans l'état de gaz parfait.

5° La quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la vapeur d'eau à une température constante est une fonction simple de cette température et du rapport des pressions initiale et finale, indépendamment de l'état de ce corps. Cette fonction est donc la même près de l'état de saturation que dans l'état de gaz parfait.

6° Pour la vapeur d'eau comme pour les gaz parfaits, le rendement de tout cycle composé de deux courbes isoessiques de même espèce et de deux courbes adiabatiques est mesuré par les températures extrêmes de l'une quelconque des courbes adiabatiques et de la même manière que dans le cycle de Carnot.

Il serait intéressant de connaître, pour diverses vapeurs, la relation qui existe entre la chaleur spécifique et l'état du corps. On pourrait alors, en suivant une méthode analogue à la précédente, établir ce que deviennent pour ces vapeurs les lois trouvées pour la vapeur d'eau.

Nous espérons que les résultats et équations qui précèdent pourront faciliter les recherches relatives à l'emploi de la vapeur surchauffée, qui joue un grand rôle dans l'industrie. Tel est d'ailleurs le but que nous nous sommes proposé en faisant ce travail.

LA COMÈTE *b* DE 1881

PAR

M. THURY, ingénieur,

et **M. W. MEYER**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Genève.

Historique.

La comète *b* de 1881 a été découverte, le 29 mai 1881, par M. Cruls, à l'Observatoire de Rio-Janeiro. Elle l'avait été quelques jours auparavant au cap de Bonne-Espérance, et dès avant le 23 mai à l'Observatoire de Melbourne. C'est dans l'ordre ci-dessus que les trois dépêches annonçant le nouvel astre nous sont parvenues. La comète faisait son apparition dans le ciel austral, d'où sa marche apparente devait la conduire bientôt dans l'hémisphère nord, puis assez rapidement dans le voisinage du pôle. De là, elle s'est éloignée vers l'ouest et disparaîtra, pour les meilleurs télescopes, en s'affaiblissant de plus en plus.

Le 1er juin, M. Gould l'observe à Cordoba (République argentine) 28° lat. sud ; la comète est alors au midi d'Orion, dans la constellation de la Colombe, à V heures, d'ascension droite, et 30° de déclinaison australe. M. Gould calcule ses éléments provisoires, et, d'après les résultats obtenus, il la considère comme identique à la comète de 1807, dont la période de retour serait ainsi de 74 ans.

Le 16 juin, la comète, invisible pour nous, atteint son

périhélie; le 21-22 juin, on commence à l'apercevoir en Europe. Le 22-23 juin, à l'aurore, on l'observe à Paris. Dans la nuit du 24 au 25, vers 2 heures du matin, elle est observée à Genève, à Lausanne, et dans le canton de Neuchâtel; elle se montre dans la constellation du Cocher, près de l'horizon septentrional, sa tête brille comme une étoile de première grandeur; sa queue, tournée vers le pôle, s'étend en éventail de 8° à 10° de longueur. La comète, ayant passé depuis peu de temps au périhélie, brille de son plus grand éclat, et dès lors, sa lumière va s'affaiblissant de jour en jour.

Cependant, à cause de sa proximité de l'horizon, le 22 juin, elle ne se présentait pas encore bien avantageusement pour les observations de structure, mais bientôt, en se rapprochant du pôle et demeurant plus longtemps visible, elle put être plus facilement observée par les astronomes.

Nous empruntons à M. C. Flammarion les chiffres suivants :

Vers le 12 juin, la distance de la comète à la terre était d'environ 24 millions de lieues, et sa vitesse, de 950,000 lieues par jour. Vers le 20 juillet, la distance de la comète au soleil était de 37 millions de lieues, sa distance à la terre de 29 millions de lieues, et sa vitesse, de 900,000 lieues par jour. De plus, la plus petite distance de la comète au soleil, ou distance périhélie, a été de 27 $^1/_2$ millions de lieues; sa plus courte distance à la terre, le 18 juin, de 10 $^1/_2$ millions de lieues de 4 kilomètres.

Nous ne parlons pas des découvreurs de la comète en Europe. S'il y a quelque mérite à découvrir une comète lorsqu'elle vient, presque imperceptible, des profondeurs

de l'espace, il suffit d'ouvrir les yeux lorsqu'elle passe du ciel austral invisible pour nous, dans le ciel visible de nos nuits, après avoir atteint à son périhélie l'éclat d'une étoile de première grandeur.

Études sur la structure physique de la Comète faites à l'Observatoire de Genève.

Il était désirable que l'équatorial de 10 pouces de l'Observatoire de Genève fût utilisé pour l'étude de la structure physique de la comète. Des travaux urgents ne laissant que très peu de loisir aux astronomes dans le temps où elle parut, le Dr Meyer dut se borner aux observations de positions du nouvel astre, et à quelques mesures micrométriques du noyau et de ses enveloppes. Le rédacteur de ces lignes [1], qui n'est point astronome, offrit d'essayer quelques dessins qu'il se hasarde à publier aujourd'hui, sans se faire aucune illusion sur la valeur de ces esquisses dont l'insuffisance résulte en particulier des deux causes suivantes : 1° Les transformations de la comète ont été si rapides, qu'un dessin par jour demeure insuffisant pour établir la continuité et l'enchaînement des formes; 2° L'étude sérieuse du développement des parties d'une comète exige que chaque figure soit accompagnée de mesures micrométriques, distances et angles de position, qui précisent le dessin et permettent d'affirmer les changements de volume ou de situation. M. Thury crut devoir ne pas se servir du micromètre qui était employé pour d'autres usages, et les mesures prises par

[1] M. Thury, chargé de la rédaction générale; il indiquera quelles sont les observations dues spécialement à M. Meyer.

M. Meyer ne suffisent pas entièrement, parce qu'elles ne sont pas exactement contemporaines des dessins.

On sait combien varie l'aspect d'objets faiblement lumineux, tels que les nébuleuses et les comètes, lorsqu'on les observe à l'aide d'instruments de puissances très différentes; les règles pour l'interprétation correcte des images, dans chacun des cas, ne sont pas encore bien connues. Lorsqu'elles le seront, les résultats de l'observation faite à l'aide d'un instrument de puissance déterminée quelconque pourront être complétés, mais ne seront jamais infirmés par l'observation du même objet faite avec un instrument plus puissant que le premier. A ce point de vue, il importerait d'obtenir des représentations fidèles des mêmes objets, vus à l'aide d'instruments de puissance très différente. On sait, dès aujourd'hui, que l'ouverture du télescope est ici l'élément instrumental essentiel; les détails de structure disparaissent, puis l'image devient plus uniforme, s'arrondit et se régularise à mesure que l'ouverture objective diminue. L'emploi de grossissements trop forts ou trop faibles fait également disparaître les détails de l'image; l'observateur doit chercher le grossissement le plus favorable, dont le chiffre, en rapport avec l'ouverture objective, constitue souvent un caractère distinctif essentiel pour l'objet que l'on observe.

Des observateurs différents, et parfois un même observateur suivant la disposition de son œil ou de son esprit, ne voient pas toujours une image faible ou évanescente de la même manière. L'observation certaine, dans de telles circonstances, devient extrêmement difficile. W. Herschel dit, à propos de quelques-unes de ses observations sur la comète de 1811: « Je fixai mon attention... ensuite,

« quittant le télescope, je réfléchis à l'impression que « la vue de l'objet avait laissée dans mon imagination, « dans le but de m'assurer que cette représentation en « était la peinture véritable, ensuite je replaçai l'œil au « télescope. » Quelles sont les causes des variations d'aspect qui rendent parfois les observations si difficiles?

Quand un observateur fixe une image très pâle, souvent elle semble onduler et varier. Une petite étoile, à la limite de visibilité, offre des alternatives très nettes de visibilité et d'invisibilité, comme je l'ai remarqué souvent en observant le compagnon de la polaire avec une ouverture de 2 pouces. Il y a plus : peut-être n'avons-nous pas le pouvoir d'évoquer des images dans le sensorium visuel? Cela se voit dans les rêves, ou bien, entre le sommeil et la veille, ou simplement parfois lorsque nous fermons les yeux. Quelles sont les limites de cette faculté? Ne pourrait-elle pas modifier de très faibles images dans le sens des formes que l'esprit conçoit, tandis que des images vives et bien terminées dominent les traces fugitives que l'imagination tendrait à produire. — Telles sont les difficultés contre lesquelles nous aurons longtemps encore à lutter, et dont la connaissance, jointe aux circonstances déjà mentionnées, nous laisse peu d'illusions sur la valeur probable des dessins actuels. Nous espérons cependant qu'ils pourront servir, pour une part, à l'interprétation des formes cométaires vues à l'aide d'instruments différents et par divers observateurs. Peut-être aussi permettront-ils de combler quelques lacunes dans la série des formes de développement de la nébulosité cométaire, notre station ayant été favorisée par une suite presque ininterrompue de belles nuits. — Il serait désirable qu'à l'avenir, les observateurs qui ont acquis quel-

que expérience dans l'emploi des grands instruments, fissent entre eux échange momentané de stations; chacun apprendrait à connaître l'instrument qui n'est pas le sien, en l'employant à l'observation de quelques objets difficiles à bien voir, tels que des nébuleuses. Ainsi pourrait être fixée, au moins dans une certaine mesure, ce qu'on pourrait appeler l'équation personnelle de chaque observateur et de chaque instrument pour les travaux dont il s'agit. Nous sommes persuadés qu'une telle mesure permettrait d'utiliser, au profit de la science, un grand nombre d'observations regrettablement négligées, parce qu'on manque de données sur le degré de confiance qu'elles méritent.

En ce qui concerne l'observation des grandes comètes, nous croyons que de simples amateurs un peu artistes et aimant l'exactitude, munis d'une bonne jumelle à grossissement faible, rendraient un excellent service à l'astronomie en observant, décrivant et dessinant avec soin, une ou plusieurs fois par nuit, la comète et sa queue, avec toutes les étoiles au milieu desquelles la queue de l'astre se développe. Ils pourraient aussi fixer l'éclat de la tête cométaire en la comparant, une fois par nuit, aux étoiles voisines de même intensité. Il est rare que les astronomes, préoccupés d'autres travaux, aient le loisir de s'occuper comme il le faudrait de ces recherches.

EXPLICATION DES PLANCHES ET JOURNAL

Nuit du 24 juin, 14 heures. La comète, entre deux nuages, brille d'un éclat phosphorescent très vif. Elle reste visible à l'œil nu jusqu'à 15 h. 25 m. La tête offre

à peu près l'éclat d'une étoile de 1 $^3/_{10}$ grandeur. A 15 h. 25 m., on ne voit plus la comète à l'œil nu, mais on voit très bien encore α Aurigæ, étoile de première grandeur située à 8° environ de la comète. A 15 h. 35 m., la comète est difficilement visible dans une faible jumelle; α Aurigæ est facilement visible dans le même instrument: Queue de 8° environ de longueur, dirigée vers le nord.

25 juin. Ciel couvert, la comète est visible par moments entre des nuages.

26 juin. Fig. 1re. Dessin fait au grand équatorial, à 10 h. 30 m. — Le grand équatorial de l'Observatoire de Genève, monté entre deux piliers selon la méthode anglaise, porte une lunette de 10 pouces (270^{mm}) d'ouverture, dont l'objectif est de Merz, de Munich. On a fait généralement usage, pour l'étude de la comète, de l'oculaire micrométrique le plus faible, grossissant 96 fois, et pour les mesures, du second oculaire grossissant 144 fois. Le champ se trouvait mal à propos restreint par l'interposition d'un appareil provisoire destiné à éclairer les fils sur fond sombre. Il en est résulté quelque incertitude dans le tracé exact du contour extérieur de la tête de l'astre, et dans l'appréciation de l'excentricité du noyau.

Noyau un peu ovale, diamètre approximatif = 6″ (Meyer). Avec mon petit équatorial de 4 pouces $^1/_2$, je trouve 6″,8. Un jet phosphorescent part du noyau et se recourbe vers la gauche, où il aboutit presque à un arc excentrique, parallèle au bord solaire de la comète. — Vers 14 heures, l'aspect de la comète a changé entièrement (fig. 2). Autour du noyau, dans un espace ovalaire de 52″ environ de largeur, se montrent un certain nombre de jets partant du noyau. Du côté solaire, ces jets sont recourbés à gauche ; on voit encore quelque trace

du jet (fig. 1) dessiné à 10 h. 30 m. A l'opposé du soleil, on distingue un trait brillant, étroit, puis, à gauche de ce trait, un espace sombre de forme allongée. Le noyau est excentrique à droite, soit dans la chevelure de la comète, soit dans l'espace ovalaire de la tête. Il est toujours elliptique, et son contour mal arrêté. Les situations relatives sont indiquées comme elles se présentent dans la lunette qui renverse.

La fig. 2 a été dessinée d'après une esquisse de M. Meyer, faite à 14 heures au grand équatorial de l'Observatoire. Vers 13 heures $^1/_2$, j'observais la même structure, beaucoup moins distinctement, avec mon réfracteur de 4 pouces $^1/_2$, mesurant au micromètre l'enveloppe ovalaire centrale, distinguant bien l'espace sombre intérieur, et soupçonnant l'existence des jets.

A 10 h. 10 m., la longueur totale de la queue de la comète, vue *à l'œil nu*, est par instants de près de 15°. Le côté droit, ou oriental, est un peu convexe, et mieux terminé que le côté gauche, dont la lumière, vers l'extrémité, se perd graduellement dans l'espace; direction de la queue, sensiblement vers le nord.

27 juin. Florissant près Genève; petit équatorial de 4 pouces $^1/_2$. Je mesure le diamètre du noyau de la comète, en éclairant le champ autant que cela est possible sans faire disparaître le noyau. Diamètre = 6″8, comme la veille.

Observatoire, 10 h. (Fig. 3). Un long jet part du noyau, et se recourbe à sa partie supérieure pour se fondre dans l'enveloppe lumineuse extérieure de l'astre, après avoir traversé une première enveloppe, marquée par un arc excentrique assez brillant.

Mesures micrométriques prises un peu après 10 heures:

Diamètre du noyau = 4″,8. Distance *a-b* du noyau au premier arc = 30″,5. Distance du noyau au contour extérieur de la chevelure dans la direction du jet = 109″,4. Angle de position du jet = 138°,35. Angle de position de l'axe de la parabole cométaire = 152°,5. Les angles de position sont mesurés à partir de la direction du nord dans le sens contraire à la marche de l'aiguille d'une montre.

A l'œil nu, vers 11 heures. La queue est légèrement courbée, sa convexité vers l'est ; le bord oriental est un peu mieux terminé que l'occidental ; ces deux caractères sont un peu moins prononcés que la veille. Le bord oriental prolongé passe sensiblement par l'étoile polaire ; l'axe est donc incliné vers la gauche. Longueur de la queue, à peu près comme la veille. On soupçonne un prolongement de lumière jusque vers le pôle.

28 juin, 9 h. 30 m. Le noyau paraît entouré de trois enveloppes. Les deux enveloppes de la veille semblent être plus étendues, mais plus vaguement limitées. La nouvelle enveloppe est très voisine du noyau, très excentrique vers la gauche, et assez nette (M. Meyer).

10 h. 20 m. (Fig. 4). La comète est, par moments, voilée par les nuages. Détails peu marqués, comme une image qui s'efface. Deux arcs lumineux, laissant entre eux un espace plus sombre, et dont l'un passe par le noyau. Au delà du second arc est la chevelure. Le noyau, excentrique à gauche, semble avoir conservé à peu près le même diamètre que les jours précédents.

A l'œil nu. L'éclat de la comète a sensiblement diminué. La longueur de la queue est plus petite que 0,5 de la distance polaire : elle est bien visible sur 0,4 de la distance polaire, et l'on soupçonne qu'elle se prolonge au

delà. Il y a encore une petite différence de forme et de netteté entre les deux bords de la queue, dans le même sens que les jours précédents. L'axe prolongé de la queue de la comète passe à quelques degrés de la polaire, vers la gauche, mais l'axe de la parabole cométaire pris vers la tête de l'astre et prolongé en ligne droite, passe un peu à droite de la polaire.

Florissant, 1 h. 45 m. Dessin : 4 pouces $^1/_2$. Grossissement = 43 fois. La partie de l'astre voisine de la tête, jusqu'à 30 m. et plus du noyau, dessine une courbe parabolique régulière, sans aucun élargissement autour de la tête. L'éclat est sensiblement uniforme sur toute la largeur de la queue, à l'exception des bords, où la lumière diminue.

29 juin. A 8 h. 55 m., la comète est bien visible dans la jumelle, mais on ne l'aperçoit pas encore à l'œil nu.

Observatoire, 10 h. 15 m. (Fig. 5). Grand équatorial. Du noyau ovale sort un jet principal du côté du soleil ; ce jet, fortement recourbé vers la gauche, est accompagné latéralement de deux autres jets plus faibles, concaves du côté de la queue, et séparant la région brillante, située du côté solaire du noyau, de la région comparativement sombre qui se trouve derrière le noyau. Le noyau est excentrique à droite dans la chevelure.

Même soirée. Le noyau de la comète passe très près de l'étoile B D + 65°,518 ; puis, quelque temps après, d'une seconde étoile B D + 65°,519, dont le noyau s'approche jusqu'à 37″. M. Meyer prend 18 mesures de distances et angles de positions des deux astres ; ces mesures seront données et discutées plus tard. L'étoile B D + 65°,519 était précédée par une autre plus petite de 12e à 13e grandeur, à la distance de 2′,5 environ,

et à l'angle de position de 226°,5. La plus petite étoile ne fut visible qu'en dehors de la nébulosité de la comète, dont l'interposition l'affaiblissait jusqu'à la faire disparaître (M. Meyer).

Mesures micrométriques, 11 h. Dimensions du noyau : grand axe = 4",9; petit axe = 3",9. Angle de position du grand axe = 33°10'. Distance du noyau à l'extrémité du jet principal *a-b*= 32". Angle de position du jet principal mesuré à son origine vers le noyau = 190°45'.

30 juin, 9 h. 20 m. (Fig. 6). Grand équatorial. Du noyau part une aigrette ou secteur à côtés très évidés en arc de cercle, et de plus deux jets. Au delà du secteur est une zone circulaire sombre, puis la chevelure, dans laquelle le noyau est excentrique à gauche.

Mesures micrométriques. Diamètre du noyau = 4",5. Distance du noyau à l'arc du secteur = 47",2. Distance du noyau à la limite de l'enveloppe extérieure de la chevelure = 101",6. Angle de position de l'axe du secteur = 150°10'. Angle de position du jet dirigé vers le nord = 354°.

Florissant, 13 heures. Dessin fig. 7; 4 pouces $^1/_2$; gross. = 43; champ = 43'. Le bord de la comète, autour de la tête et dans les parties adjacentes de la queue, se perd très graduellement dans le ciel. La forme de la comète dans le voisinage de la tête a notablement changé : l'angle de la queue est plus ouvert, les côtés plus droits, la forme générale a cessé d'être parabolique, et se rapproche davantage d'une hyperbole.

1er juillet, 9 h. 45 m. (Fig. 8, grand équatorial). Du noyau part une sorte d'aigrette ou de large secteur à côtés évidés, dont l'axe est dirigé vers le soleil. Un espace obscur est derrière le secteur. Le noyau est excentrique

à droite par rapport au secteur, et à gauche par rapport à l'enveloppe générale ; cette dernière situation est inverse de celle qui avait lieu précédemment.

Mesures micrométriques, 14 h. 30 m. Diamètre du noyau = 3",1. Distance du noyau à la limite de la première enveloppe ou de l'arc du secteur dans la direction de l'axe de la comète, *a-b* = 17". Distance du noyau à la limite du même arc à gauche, sur une ligne perpendiculaire à l'axe du secteur : $a\,b_1$ = 28". Idem à gauche $a\,b_2$ = 15".

Florissant, 15 h., 4 pouces $^1/_2$; gross. = 95. Même aspect qu'avec le 10 pouces. A 15 h. 20 m., la comète est invisible à l'œil nu; quelques instants auparavant elle était encore visible, ainsi que la Polaire ; la comète et l'étoile ont disparu presqu'en même temps.

2 juillet, 9 h. 30 m. (Fig. 9). Grand équatorial. Noyau très petit, duquel part un rayon ou jet lumineux vers la droite, et un second rayon beaucoup plus faible vers la gauche. Ces deux rayons, qui forment entre eux un angle plus grand que 90°, constituent les parties les plus lumineuses de l'aigrette ou croissant solaire. Un espace sombre derrière le noyau. Au delà de l'aigrette, traces peu marquées d'une seconde enveloppe.

Florissant, 12 heures. Dessin : 4 pouces $^1/_2$; gross. = 43. Le noyau n'est pas sensiblement excentrique. Les bords de l'astre se fondent très graduellement dans le ciel. La forme générale de la comète dans le voisinage de la tête semble être intermédiaire entre les formes correspondantes observées le 29 et le 30 juin, plus voisine de la dernière.

A l'œil nu, 12 h. 55 m. Queue presque droite, symétrique. Son prolongement passe à quelques degrés de la polaire, vers l'ouest.

3 juillet, 9 h. 30 m. (Fig. 10). Grand équat. Un jet part du noyau dans la direction du soleil, et se recourbe fortement vers la gauche.

Même nuit, heure plus avancée. A droite du noyau, un espace sombre. Plusieurs petits jets et le grand; l'ensemble de l'objet ressemble beaucoup à une grande nébuleuse spirale comme lord Rosse en a figuré. Noyau plus petit, à contours mieux limités qu'auparavant (M. Meyer).

Mesures micrométriques, 13 h. 45 m. Diamètre du noyau = 4″,2. Distance du noyau à la première enveloppe marquée par la courbure terminale du jet : *a b* = 27″,1. Angle de position du jet, mesuré à sa sortie du noyau = 166° $^1/_4$.

A l'œil nu. 9 heures. On voit très bien la comète; l'éclat de la tête est égal à celui d'une étoile de 2 $^1/_2$ grandeur. — 10 heures, longueur de la queue, plus que $^1/_3$ de la distance polaire, un peu moins que $^1/_2$, mais on soupçonne que la queue se prolonge au delà. Direction : 10° à 12° ? à l'ouest de la polaire.

4 juillet, 9 h. 30 m. Dessin : grand équat. Du côté du soleil, un très large secteur à côtés évidés en arc de cercle, presque un segment. Le noyau est vers le milieu de la corde du segment, un peu en dehors et à droite. Une aigrette du côté droit, dans le secteur général.

Florissant, 10 h. 30 m. J'observe avec M. Meyer le spectre de la tête de la comète : trois lignes brillantes, coupées par un long spectre continu très étroit, qui doit être celui du noyau.

7 juillet, 14 h, 10 m. *Florissant.* Dessin : 4 pouces $^1/_2$ gross. = 43. La nébulosité qui forme la tête de la comète semble s'étendre circulairement autour du noyau indépendamment de la queue, dont l'éclat est moindre

que celui de la chevelure dans les régions contiguës. J'observe cet effet pour la première fois depuis l'apparition de la comète. A partir de la tête, et sur une longueur égale à deux fois et demie le diamètre de la chevelure, le bord droit de la queue semble être effacé ou diminué, il semble que la substance cométaire a disparu de cette région.

Même nuit. La tête de la comète n'offre rien de remarquable. Le noyau semble plus petit et plus brillant qu'aux derniers jours. Quelques faibles jets sortent du noyau du côté du soleil et du côté opposé. Le noyau a passé à une demi-minute de l'étoile BD + 78°,265, laquelle a diminué sensiblement d'éclat dans le voisinage du noyau (M. Meyer).

9 juillet. 10 heures. *Observatoire,* grand équat. Pour la première fois, on enlève le micromètre pour lui substituer la pièce destinée à recevoir les oculaires négatifs ordinaires. Comète très belle au grossissement de 43 (fig. 11). La tête se distingue encore comme une masse ronde, un peu plus large et plus brillante que la région contiguë de la queue. A droite, immédiatement au-dessous de la tête, la queue paraît comme entamée ou diminuée sur le bord gauche, ainsi que l'indique la figure et comme on l'avait observé déjà le 7.

10 juillet, 10 heures. Lune. (Fig. 12). Grand équat. Il est difficile de bien voir. La première enveloppe est un large secteur non symétrique et à côtés évidés, avec un jet plus brillant dans le secteur. Noyau excentrique à droite. Un espace plus sombre derrière le secteur, du côté opposé au soleil.

Florissant, 4 pouces $^1/_2$. La prépondérance de la tête sur la queue est moins marquée que les jours précédents.

12 juillet, 9 heures. *Observatoire.* Secteur presque demi-circulaire. Type du 4 juillet.

13 juillet. Une étoile de quatrième grandeur *1 Draconis Hevel,* devant s'approcher jusqu'à environ une demi-minute d'arc du noyau de la comète vers le milieu de la nuit, il était intéressant de suivre au micromètre l'approche de l'étoile, pour obtenir une limite du pouvoir de réfraction des gaz cométaires. M. Meyer ayant eu quelques doutes sur la possibilité de faire ces observations au grand équatorial à cause de la situation de la comète, je pris moi-même au petit équatorial de 4 pouces $^1/_2$ 66 mesures micrométriques entre 10 h. 38 m. et 13 h. 40 m. Mais ne pouvant pas éclairer les fils sur fond sombre et distinguer le noyau de la comète, mes observations s'accordent seulement à $\pm$ 2″. Voici le résultat des observations mieux réussies de M. Meyer :

	Temps.	Angle de position.	Distance.		Temps.	Angle de position.	Distance.
	h. m. s.				h. m. s.		
1	12 14 44	230°58	1′52″7	15	12 52 23	207° 0	0′53″3
2	20 52	228 56	1 42 7	16	53 58	203 33	51 8
3	23 3	227 56	1 39 3	17	56 32	199 35	49 1
4	26 7	226 36	1 34 3	18	58 17	197 30	46 8
5	27 59	226 ..	1 31 6	19	13 0 47	190 28	44 6
6	30 37	224 40	1 26 0	20	2 20	185 50	41 5
7	32 53	223 35	1 23 4	21	4 59	180 38	40 4
8	34 46	222 10	1 20 0	22	8 46	173 50	38 7
9	36 48	221 30	1 16 4	23	10 25	167 5	38 5
10	38 56	219 33	1 13 4	24	12 5	162 20	37 9
11	40 45	218 25	1 10 7	25	14 20	155 15	38 5
12	45 19	213 55	1 3 5	26	16 1	150 45	38 9
13	48 19	211 45	0 59 5	27	19 34	142 10	40 2
14	50 43	208 55	55 0	28	23 9	131 35	42 9

La discussion de ces résultats sera donnée dans un travail ultérieur.

14 juillet, 9 h. 15 m. *Observatoire.* Dessin. Noyau très petit et bien net. Première enveloppe à peu près circulaire, à l'exception d'un secteur de 90°, relativement

obscur, et situé presque à l'opposé du soleil. L'enveloppe est plus brillante à droite.

16 juillet. Type du 4 juillet. Le large secteur est plus brillant à droite. Noyau très petit. A l'œil nu, la comète est encore très belle ; queue de quelques degrés de longueur.

23 juillet. Depuis hier, la comète a complètement changé d'aspect. Le noyau n'est plus distinctement visible, tandis que la tête forme un disque assez bien terminé et parfaitement rond, avec concentration graduelle d'intensité vers le milieu. Une enveloppe faible s'étend au delà du disque, en se perdant peu à peu dans l'espace. Le tout a parfaitement l'apparence d'une belle nébuleuse régulière.

24 juillet. Observatoire. L'aspect de la comète a changé encore une fois. La première enveloppe a disparu ; elle est remplacée par un simple noyau très distinct, qui résulte peut-être d'une condensation de la nébulosité circulaire de la veille. Le noyau est immédiatement entouré d'une enveloppe nébuleuse qui se perd graduellement dans l'espace.

29 juillet, 9 h. 45 m. *Florissant.* L'éclat de la tête de la comète est comparé à celui de quelques étoiles voisines de la Petite-Ourse. On trouve $C < D$; $C > E$; C, égal à peu près à G ; l'éclat de la tête de la comète est donc sensiblement égal à l'éclat moyen des étoiles G D E, c'est-à-dire 4 $^1/_2$ grandeur.

Longueur de la queue vue dans un oculaire chercheur du réfracteur de 4 $^1/_2$ p. = 44 minutes.

1er août. Le noyau de la comète passe à 24″ d'une étoile de 9,5 grandeur non cataloguée. M. Meyer fait quatorze observations de différences d'ascension droite et de

déclinaison avant le plus grand rapprochement des deux astres, puis 35 mesures de distances et d'angles de position après cet instant. Ces observations seront publiées dans un travail ultérieur.

3 août. On voit encore la comète à l'œil nu.

7 *août.* Lune; on ne voit pas la comète à l'œil nu.

14 août, 1 h. 45 m. La comète n'est plus visible à l'œil nu, mais facilement visible dans le chercheur de 2 pouces; elle n'a plus de queue, et ressemble parfaitement à une nébuleuse ronde.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

Analyse spectrale de la comète.

Nous n'étions pas outillés pour nous occuper utilement de ce genre de recherches. Plusieurs astronomes, tels que MM. Huggins en Angleterre, C. Wolf et Thollon en France ont appliqué les merveilleux procédés d'analyse spectrale à l'étude de la comète. Voici, d'après les premières publications faites par ces observateurs [1], quels sont les résultats déjà obtenus.

1° La queue et généralement toutes les parties de la comète donnent un spectre continu large et très pâle, qui semble indiquer l'existence d'une matière pulvérulente solide ou liquide, lumineuse par réflexion des rayons solaires et peut-être aussi par elle-même (Thollon).

S'il existe un gaz mélangé à cette matière pulvérulente, il est obscur ou trop peu phosphorescent pour donner un spectre.

[1] *Times* et *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences.

2° La tête de la comète, sur une tranche linéaire passant par le noyau montre :

a) Un spectre continu, presque linéaire, d'un vif éclat, appartenant au noyau, qui renferme donc une substance solide ou liquide et très brillante ; l'éclat du noyau est dû en totalité ou en partie à la réflexion des rayons solaires, car le spectre linéaire montre, suivant M. W. Huggins, les raies de la lumière solaire. De plus il renferme de la lumière polarisée, dont le plan de polarisation passe par le soleil (C. Wolf).

A mesure que la comète s'éloigne du soleil, le spectre continu du noyau se modifie par l'extinction graduelle de la lumière la plus réfrangible du spectre (Thollon).

b) Au spectre continu du noyau se trouve superposé un spectre discontinu à bandes brillantes, renfermant surtout les trois bandes caractéristiques bien connues de plusieurs des composés du charbon. La définition de ces bandes, leur longueur dans le sens perpendiculaire à l'axe du spectre, et la forme atténuée de leurs extrémités montrent qu'elles appartiennent à une substance gazeuse contenue dans la tête de la comète, et dont la densité diminue à mesure qu'on s'éloigne du noyau.

L'étude détaillée faite par M. Huggins, et la confirmation de ses résultats par M. Wolf semblent établir que le spectre gazeux de l'atmosphère de la tête cométaire renferme du carbone, de l'hydrogène et de l'azote libres ou combinés. Le cyanogène, l'acétylène, l'acide cyanhydrique, raréfiés dans les tubes de Geissler, donnent des lignes brillantes analogues à celles de la comète.

W. Huggins a photographié le spectre.

M. Janssen, à Meudon, a photographié la comète elle-même dans quelques-uns de ses états successifs, ce qui

offre un très grand intérêt non seulement à cause de l'authenticité des représentations obtenues, mais aussi et surtout parce que les rayons de différentes réfrangibilités n'agissent pas de la même manière sur les préparations photographiques et sur la rétine. Il résulte de cette dernière circonstance que la photographie opère comme la spectroscopie elle-même une sorte d'analyse de la lumière. De plus elle peut révéler des détails de structure restés pour l'œil absolument inaperçus, les rayons qui les marquent étant sans action efficace sur la rétine.

Photométrie.

Malgré l'intérêt qu'eût offert une série de mesures photométriques de la comète, nous avons renoncé à ce genre de recherches à cause de l'insuffisance des moyens d'expérimentation dont nous pouvions disposer. Nous nous sommes bornés à noter deux ou trois fois l'éclat de la tête de la comète comparé à celui des étoiles situées dans le voisinage. Pour obtenir les chiffres d'intensités, nous avons, selon la méthode proposée par J. Herschel, ajouté 0,41 aux grandeurs vulgaires des étoiles équivalentes, et pris l'inverse des carrés des nombres ainsi obtenus. L'unité est l'éclat de l'étoile de première grandeur α de Centaure. Voici les résultats obtenus :

24 juin, 14 h. Grandeur vulgaire = 1,3 ; Éclat réel = 0,346 ; Éclat théorique = 0,346.

1er juillet. Grandeur polaire = 2,28 ; Éclat réel = 0,138 ; Éclat théorique = 0,173.

3 juillet. Grandeur = 2,5 ; Éclat réel = 0,117 ; Éclat théorique = 0,142.

29 juillet. Grandeur = 4,5 ; Éclat réel = 0,042 ; Éclat théorique = 0,017.

10 août? Grandeur = 6,5 ; Éclat réel = 0,021 ; Éclat théorique = 0,009.

L'éclat théorique tel que les astronomes le calculent habituellement, est celui qui aurait lieu pour nous si la comète n'avait aucune lumière propre et réfléchissait la lumière du soleil dans une proportion constante. L'unité est ici arbitraire, et il s'agit de simples rapports.

La comparaison des chiffres de l'éclat réel et de l'éclat théorique, facilitée par le tracé des courbes représentatives, conduit aux résultats généraux suivants :

1. Lorsque la comète commence à s'éloigner du périhélie, son éclat diminue plus rapidement que si elle nous envoyait seulement de la lumière réfléchie ; comme si une grande intensité dans la lumière solaire excitait la radiation propre de la comète.

2. Lorsque la comète s'éloigne beaucoup du soleil, son éclat diminue, au contraire, moins rapidement que si elle nous envoyait seulement de la lumière réfléchie ; comme si elle conservait de la lumière propre. La comète a donc été plus longtemps visible qu'on ne pouvait l'attendre.

Le noyau ne brille pas d'un éclat stellaire, mais son éclat intrinsèque est difficile à apprécier. Est-il inférieur, comme on l'a dit, à l'éclat intrinsèque de Saturne ? Le diamètre du noyau, au temps du plus grand éclat de la comète était d'environ 5″ d'arc. Le diamètre moyen de Saturne est de 18″ ; les surfaces éclairantes sont donc entre elles comme 1 à 13. L'éclat de Saturne est égal à celui d'une étoile ordinaire de première grandeur, telle que α Aurigæ, soit environ 0,510, dont la treizième partie = 0,039. L'éclat total de la tête de la comète était à peu près 1,3 en chiffre ordinaire de grandeur. Donc l'intensité = 0,346. L'éclat du noyau, en le sup-

posant égal intrinsèquement à celui de Saturne, serait donc environ $^1/_9$ de l'éclat total de la tête de la comète ; il nous semblait être plus considérable, mais de telles appréciations sont si difficiles en l'absence de mesures certaines, que nous n'osons rien affirmer ; 0,039 serait l'éclat d'une étoile de 4 $^7/_{10}$ grandeur.

Il ne faut sans doute pas attribuer à une vraie incandescence la lumière propre des comètes, que W. Herschel comparait déjà à celle de l'aurore boréale. Les phénomènes de lumière que présente la matière excessivement raréfiée sous l'inflnence d'excitations diverses, sont encore très peu connus.

Structure physique de la comète.

Le noyau n'offre pas les caractères d'un corps solide nettement défini : il ne supporte pas de forts grossissements et le bord ne paraît jamais bien net, même aux grossissements moyens. Sa forme apparente change de l'ellipse au cercle, et ses dimensions, pour autant qu'il est possible d'en juger, varient aussi quelque peu. Ce que nous appelons noyau, n'est peut-être qu'une première enveloppe gazeuse, renfermant un ou plusieurs corps solides ou liquides dans son intérieur, lesquels seraient les vrais noyaux.

C'est du noyau que sortent les jets de matière nébuleuse phosphorescente qui forment les enveloppes de la tête, et finalement la queue ; ce développement doit être accompagné, il le semble, d'une diminution du noyau, qui serait très marquée dans le cas actuel si les observations de Rio-Janeiro, lesquelles attribuent au noyau un diamètre de 20″, ne sont affectées d'aucune erreur. Nos

propres mesures, en tenant compte de l'éloignement graduel de la comète, indiquent à peine une diminution sensible, et plutôt des variations irrégulières ; mais il s'agit de mesures difficiles à prendre bien exactement. Au reste, la diminution de diamètre du noyau, amenée par le développement de la queue, pourrait être fort petite, ou le vrai noyau rester invisible.

Nous dirons bientôt comment, selon nous, la queue est vraisemblablement formée d'une matière excessivement ténue sortie du noyau. Il faut reconnaître que ce point de vue, le plus généralement admis et le plus ancien, souffre quelques difficultés réelles ; car à l'époque du périhélie, les espaces formant l'extrémité de la queue n'obéissent plus à la loi des aires, et prennent une vitesse tangentielle excessive, laquelle donne lieu à une force centrifuge plus grande que l'attraction solaire [1], en sorte que l'on conçoit difficilement comment la queue elle-même peut subsister.

Puisque cependant elle subsiste, il faut admettre ou bien qu'il s'agit d'un état d'équilibre mobile, dans lequel les particules du grand jet se meuvent sans cesse, en s'éloignant du noyau et se dirigeant vers l'extrémité de la queue, ou bien il faut croire que d'autres forces balancent la force centrifuge ; mais alors quelles pourraient être ces forces ? Ce n'est pas la faible attraction du noyau ; ce n'est pas non plus la force répulsive des rayons solaires qui produirait un effet inverse. Il faudrait admettre que les plus petites parties de l'astre restent unies entre elles moléculairement, comme si, à un très grand

[1] La vitesse angulaire de la queue, relativement au soleil, est sensiblement égale à celle du noyau. Comme pour une même vitesse angulaire la force centrifuge est proportionnelle au rayon, celle-ci, égale à la pesanteur dans le noyau, sera excédante dans toute la longueur de la queue.

écartement des molécules, l'attraction redevenait prépondérante.

La difficulté relative à l'excès de force centrifuge est bien la principale, l'excès de vitesse tengentielle étant naturellement produit par une composante latérale de l'action répulsive des rayons solaires. S'il existe une solidarité réelle entre les différentes parties de la comète, la force centrifuge, due à une action extérieure, devra altérer le mouvement du noyau en l'éloignant du soleil. Si, au contraire, les parties élémentaires de la comète sont indépendantes les unes des autres, et qu'il s'agisse d'une simple projection avec dispersion finale de substance, le noyau devra subir une perturbation en sens contraire et se rapprocher du soleil. Il serait intéressant de rechercher laquelle de ces perturbations a réellement lieu.

Une conséquence qui résulterait de la prépondérance de l'attraction moléculaire dans la substance cométaire excessivement raréfiée, c'est l'existence autour de l'astre de limites bien définies, là du moins où il n'y aurait aucune prédominance de la force centrifuge et aucune dispersion de substance. C'est aussi ce que l'on observe; avec un instrument de force moyenne, les limites du contour de la chevelure restent extrêmement incertaines; mais déjà avec notre réfracteur de 10 pouces, la matière phosphorescente de la chevelure diminue graduellement de clarté au bord extérieur, mais ne se confond point avec le ciel, qui reste noir et absolument pur de nébulosité à une très petite distance du bord de la chevelure. Il n'en est pas tout à fait de même à l'extrémité de la queue et sur son bord occidental, près de l'extrémité, jusqu'à $^1/_3$ peut-être de la longueur totale; là, les vraies limites de l'astre restent incertaines, et il faut s'éloigner beaucoup pour retrouver le ciel tout à fait exempt de nébulosité.

Nous n'aurons pas grand'chose à dire de ces curieux développements de jets et de secteurs qui se sont succédé avec une rapidité si extraordinaire dans la tête de la comète ; nos dessins expriment ce que nous avons vu, mais ils ne sont pas assez nombreux pour marquer la chaîne des transformations et permettre d'en établir la loi.

Les projections de matière phosphorescente sortant du noyau ont lieu presque exclusivement du côté solaire. Peu après le passage au périhélie elles consistent en jets puissants ou nombreux, qui se recourbent vers leur extrémité et forment ainsi des atmosphères ou enveloppes plus ou moins excentriques autour du noyau. La plus extérieure de ces enveloppes, extraordinairement excentrique à l'opposé du soleil, s'ouvre loin du noyau et forme la queue. Le recourbement des jets semble résulter d'une impulsion venant du Soleil, et qui refoulerait les jets du côté opposé à cet astre. Bien que des courbures se produisent à droite et d'autres à gauche, on observe une grande prédominance des courbures dirigées vers la gauche dans le téléscope, et qui ont lieu par conséquent du côté oriental. Une telle prédominance éveille l'idée d'un mouvement de rotation du noyau.

On sait que la formation des jets est attribuée à l'action de la chaleur solaire sur les substances liquides ou solides du noyau; et leur multiplicité, soit à la diversité des substances, soit aux résistances causées par l'interposition de noyaux solides multiples.

Lorsque la comète s'éloigne du soleil, aux jets isolés de la première période succèdent de larges secteurs à bords évidés en arc, situés toujours du côté du soleil, et dans l'intérieur desquels on observe encore pendant quel-

que temps des jets diffus et courts. Enfin ces phénomènes cessent. La queue se raccourcit de plus en plus, et la comète, qui va se perdre dans l'espace, finit par reprendre l'aspect d'une nébuleuse ronde, un peu condensée au centre.

La connaissance des lois du développement cométaire appartient sans doute à un prochain avenir. On voudra étudier sur la même comète, et ainsi d'une manière entièrement comparative, les transformations qui précèdent et celles qui suivent le passage de l'astre au périhélie. Le retour périodique des formes, seulement soupçonné, sera étudié avec plus de soin.

L'étude des comètes offre aujourd'hui pour la science, un très grand intérêt. La très faible attraction du noyau laisse prédominer dans la substance cométaire l'action de forces différentes de la pesanteur, à peu près inaperçues dans les planètes, où leurs effets sont dominés par ceux de la gravitation.

D'autre part, en conséquence de la parenté des comètes avec les nébuleuses, les modifications rapides que les comètes subissent, jetteront peut-être quelque jour sur les lois des modifications analogues que les nébuleuses proprement dites ne développent qu'avec une excessive lenteur.

La plus grande difficulté qu'offrent les études de ce genre consiste dans l'indétermination des formes, qui ne sont jamais observées que d'un seul point de vue, parce que, à deux époques différentes, les formes elles-mêmes ont changé. Par exemple, une queue recourbée semblera droite à un observateur situé dans le plan de la courbe, et lorsque, par suite du mouvement de la terre et de la comète, l'observateur ne sera plus dans ce plan,

et pourrait compléter utilement sa première observation, la comète elle-même aura peut-être entièrement changé de forme.

Le problème sera déterminé lorsqu'on aura trouvé des lois physiques de développement qui soient de nature à pouvoir être combinées utilement avec les résultats de l'observation immédiate. Nous ne connaissons point encore de telles lois dans la généralité des cas ; mais lorsque ces lois seront connues des astronomes, ils se mettront à rechercher curieusement les observations de leurs devanciers, parce qu'ils auront une clef pour les comprendre. Efforçons-nous de leur léguer des représentations exactes des formes qui passent sous nos yeux, et dont quelques-unes peut-être ne se reproduiront pas de longtemps dans le cours des âges.

Question de l'identité des comètes parues en 1807 et en 1881 (b)

I. Influence des changements physiques que subit une comète sur la forme de son orbite.

L'identité annoncée par M. Gould de la comète parue en 1807 et de la comète actuelle 1881 *b*, n'est pas admise par tous les astronomes. Un désaccord sur les questions de ce genre, toujours difficiles et complexes, ne doit pas surprendre. Il nous sera permis de rappeler quelles sont les difficultés que les astronomes rencontrent ici sur leur chemin ; la nécessité de vaincre ces difficultés sera, sans aucun doute, le point de départ de nouveaux progrès.

Tout le monde sait que l'on ne peut pas reconnaître l'identité de deux comètes aux caractères extérieurs, qui

changent incessamment. Il reste donc seulement la considération des routes parcourues dans l'espace par les deux astres durant leur période de visibilité.

Mais ici, une première difficulté se présente. La forme de l'orbite ne pouvant être observée que dans une très petite partie de son étendue, de minimes erreurs d'observation se traduisent souvent par de grandes incertitudes dans le résultat total. Cette remarque s'applique surtout à la détermination du grand axe de l'ellipse cométaire, quantité d'où dépend la durée de la période de retour. Il y a peu de différence, dans les arcs voisins du foyer, entre des ellipses d'excentricités très différentes lorsque l'excentricité est grande. Il y a plus, ces mêmes arcs ne diffèrent pas beaucoup des portions de parabole. C'est en partie la raison pour laquelle il est presque impossible de préciser le retour d'une comète à longue période qui n'a été observée qu'une fois, comme c'était le cas pour la comète de 1807.

Naturellement, l'incertitude cesse lorsqu'on a pu observer plusieurs retours, dont l'équidistance combinée avec la constance des éléments les moins incertains de l'orbite, assure l'identité de l'astre. Il ne reste plus alors qu'à tenir compte des actions perturbatrices des planètes sur une orbite elliptique que l'on détermine de manière à satisfaire le mieux possible à l'ensemble des observations. Le grand axe est alors fixé par la durée moyenne de la période de retour.

Maintenant, si l'on compare, aux résultats de l'observation, les situations de la comète calculées d'après les éléments de l'orbite déterminée, comme il vient d'être dit, et en tenant compte de l'effet des perturbations planétaires, il se trouve généralement que les positions

observées diffèrent sensiblement de celles qu'assignait le calcul. Quelles sont les causes de ces différences ?

Il en est une, déjà signalée par plusieurs astronomes, de Bessel à M. Faye, et dont l'existence est certaine bien que le chiffre des effets qu'elle peut produire reste encore indéterminé. Nous voulons parler de la différence qui existe entre la situation du centre de gravité de l'ensemble de la comète et celle du noyau.

On sait que la détermination d'une orbite cométaire repose sur quelques mesures de situation, combinées avec l'application des lois de la pesanteur universelle au mouvement du centre de gravité de la totalité de l'astre. C'est donc ce dernier point dont on détermine le mouvement ; c'est aussi le point auquel il faudrait viser dans les mesures de situation. Mais cela n'est pas possible directement, et l'on est réduit à choisir le noyau qui est le seul point bien déterminé, celui où la lumière se concentre, et sans aucun doute, le centre prépondérant de l'activité de l'astre. Serait-il possible d'admettre que la masse de la queue est comme nulle relativement à celle du noyau ? Ceux qui voient dans les queues des comètes le résultat d'un simple jeu de lumière répondront affirmativement à la question ainsi posée. Cependant l'observation attentive d'une comète ne peut laisser aucun doute, selon nous, sur le fait que la queue est formée de particules sortant du noyau. La queue est la suite de la chevelure et ne résulte pas, dans toute son étendue, d'un simple phénomène optique ou électrique, car les bords extérieurs des jets forment quelquefois une courbe continue avec les bords de la queue. Dans cet ensemble, la queue ne se sépare pas complètement du noyau, mais reste en connexion moléculaire avec lui. Il est vrai que la masse totale de la

queue peut être excessivement faible, mais la masse totale de la comète est très faible également, et il s'agit ici d'un simple rapport entre deux masses.

En l'absence de toute donnée positive sur la question, nous avons fait un petit calcul qui offrira peut-être un intérêt général.

Nous avons recherché quelle devait être la longueur réelle de la queue dans la comète *b* de 1881, le 29 juin à minuit. Nous avons admis pour longueur apparente de la queue le chiffre de 8° seulement, bien que l'on pût suivre à l'œil le prolongement de la traînée lumineuse jusqu'à 12° ou même 15°. Avec les éléments de l'orbite donnés ci-dessous, on calcule la longueur réelle de la queue, qui serait de 8 millions de kilomètres environ. Le diamètre du noyau était très faible, et n'atteignait pas 5″ d'arc de maximum. Il résulte de ce dernier chiffre que le diamètre réel du noyau était de 1400 kilomètres, c'est-à-dire à peu près la dixième partie du diamètre de la terre. Nous avons admis ensuite que le diamètre moyen de la queue égalait 5′ d'arc, chiffre minimum et qui répond à 80,000 kilomètres. Cela donne pour le volume total 4021×10^{13} kil. cubes. On sait que la densité moyenne de la matière qui forme la queue des comètes est excessivement faible, puisque cette matière n'intercepte pas la clarté de très petites étoiles et ne réfracte pas la lumière. Supposons qu'elle soit égale à la densité de l'air réduit à l'état de matière radiante, c'est-à-dire à environ 1 millionième d'atmosphère.

Le poids total de la queue serait de 5223×10^{16} kilogrammes.

Supposons maintenant que toute la substance de la queue se condense en une seule masse liquide ayant la

densité de l'eau ; le diamètre de la sphère d'eau résultant de cette condensation serait de 464 kilomètres.

Mais le diamètre réel du noyau est de 1400 kilomètres ; admettons que sa densité moyenne soit égale à celle de l'eau ; avant la séparation de la queue, le diamètre du noyau eût été de 1417 kilomètres ; il eût diminué de 17 kilomètres seulement par la formation de la queue.

D'autre part, le rapport des masses du noyau et de la queue après la séparation de cette dernière eût été dans les mêmes hypothèses = 27 $^1/_2$ et le centre de gravité de l'ensemble de l'astre se fût trouvé dans la queue, à 8′ ,4 du noyau.

Nous ne prétendons point que le noyau de 5″ de diamètre fût solide ou liquide dans sa totalité, nous pensons même qu'il pouvait être formé de masses solides ou liquides jointes à un gaz condensé, mais si la densité totale du noyau était, dans ce chef, plus petite que nous ne l'avons supposé, celle de la queue pourrait être aussi beaucoup plus faible que la densité de l'air à l'état radiant. On sait que M. Crookes et d'autres physiciens ont raréfié l'air à un dix-millionième d'atmosphère.

C'est à l'observation directe qu'il appartient de donner les chiffres de déplacement du centre de gravité hors du noyau, par la comparaison attentive des situations calculées et observées. Les résultats obtenus serviront à la fois au perfectionnement de la théorie du mouvement des comètes et à la connaissance de leur structure.

On s'est demandé quelquefois si la réaction causée par les jets sortant du noyau et qui se montrent principalement du côté solaire, ne donnerait pas lieu nécessairement à des perturbations spéciales dans le mouvement de la comète. Il n'y a pas de doute que si l'on considère le

noyau isolément, de telles perturbations doivent se produire; mais si l'on considère l'ensemble de l'astre, toutes les forces intérieures de réaction, quelles qu'elles soient, ne peuvent altérer le mouvement du centre de gravité commun par rapport auquel le noyau se déplace seulement un peu. Mais les déplacements relatifs de la substance cométaire, lorsqu'ils sont très considérables, peuvent donner lieu à des perturbations spéciales de la part des planètes qui n'agissent plus sur l'astre léger comme si toute sa masse était réunie en un point.

On voit combien les phénomènes deviennent complexes; cependant on peut croire que le déplacement apparent du centre de gravité amené par les causes qui viennent d'être signalées ne s'élève qu'à de faibles valeurs, car, dans des cas où la queue de l'astre changeait rapidement de direction, on n'a pas remarqué de mouvement oscillatoire correspondant bien marqué dans le noyau.

S'il y a des cas où l'on pourrait soupçonner des influences brusques agissant sur le mouvement des comètes par suite de réactions intérieures, c'est là où les erreurs qui subsistent après la détermination de l'orbite définitive fixée par l'ensemble des observations, surpassent l'incertitude possible dans les observations elles-mêmes; ce fut le cas pour la comète de 1843 qui avait un noyau bien défini et facile à pointer. Mais cette intéressante comète développa tout à coup, durant son passage au périhélie, une longue et brillante queue qui était visible en plein jour. A ce moment, la comète arrivait à une distance de la surface du soleil égale à la moitié de la distance de la lune à la terre; elle subissait, sans doute par l'action solaire, de fortes modifications dans son état physique, et ces révolutions intérieures qui finirent par déve-

lopper l'énorme queue de cet astre, furent probablement la cause des discordances accidentelles qui existèrent entre l'observation et le calcul.

Une autre cause de complications possibles est cette action particulière du soleil qui produit comme un effet de répulsion sur la queue de l'astre. — S'il s'agit d'une force répulsive proprement dite, le mouvement du centre de gravité de la comète entière doit être retardé dans la branche descendante de son orbite et accéléré dans la branche montante. Mais si, comme on l'a supposé, il s'agit d'une force polaire, c'est-à-dire simplement directrice, agissant sur les groupes de molécules, l'action perturbatrice directe devient nulle.

II. Comètes ayant à peu près les mêmes orbites. Origine des comètes.

(Rédigé d'après les notes de M. Meyer.)

Nous avons supposé dans l'article ci-dessus que l'identité des deux comètes se trouvait établie à la fois par une conformité suffisante de leurs orbites, et par l'équidistance de leurs retours successifs. Mais il arrive souvent que la première condition seule se trouve remplie, tandis que la seconde ne semble pas l'être, ou demeure impossible à vérifier.

Or, s'il se trouve que deux comètes parcourent à peu près le même chemin, il n'y a que deux manières d'expliquer une telle coïncidence; ou bien c'est la même comète qui revient à son périhélie, ou bien il s'agit de deux comètes différentes qui suivent, l'une après l'autre, la même route.

Si le premier cas n'est pas admissible, parce qu'il existe une contradiction manifeste entre la durée de la

période de retour et la valeur de son grand axe apprécié avec toute la tolérance possible, ou bien encore parce que les périodes de retour ne sont point équidistantes, alors il faudra nécessairement recourir à la seconde hypothèse.

Le cas de deux comètes différentes suivant à peu près la même route s'est déjà rencontré plusieurs fois depuis que l'on sait déterminer avec une précision suffisante les orbites cométaires; il ne peut être le résultat du hasard. Dans le vaste espace qui sépare les mondes, il y a place pour des millions et des millions de comètes, et si le hasard permettait à deux comètes de passer successivement au même point, il ne saurait les amener à passer toutes deux le long d'une même ligne. Dans ce cas, il faut admettre que la même cause primitive a donné ou laissé la même direction et la même vitesse aux deux astres, soit qu'il s'agisse d'une circonstance de formation primitive, ou bien d'un dédoublement ultérieur. Ici nous devons aborder une question générale qui nous ramènera bientôt à notre point de départ. La plupart des comètes décrivent autour du soleil des courbes dont la différence avec une parabole est peu sensible à nos moyens d'observation. Ces courbes doivent être en réalité des ellipses ou des hyperboles, car les conditions bien connues nécessaires pour qu'une parabole se produise ont pour elles des chances infiniment petites de réalisation. La probabilité d'une orbite parabolique pour une comète, est aussi petite que celle d'une orbite circulaire pour une planète ou un satellite[1]. Mais

[1] Si une comète décrivait exactement une parabole, le sens de son mouvement pourrait être alternativement direct et rétrograde dans des apparitions successives; mais généralement le mouvement de l'astre deviendrait elliptique ou hyperbolique, après sa première course aux limites relatives de l'attraction solaire.

si, dans la plupart des cas, on ne saurait constater directement aujourd'hui si une orbite cométaire est une ellipse ou une hyperbole, serait-il possible de trouver au moins une probabilité générale en faveur de l'une ou de l'autre de ces deux courbes ?

On comprend l'intérêt que cette question présente, si l'on considère que l'hyperbole est une courbe dont les deux branches se perdent dans l'infini. Si donc les orbites cométaires sont des hyperboles, il en faudra conclure que ces astres viennent de l'infini relatif dans notre système solaire auquel ils sont étrangers, et qu'ils se perdent de nouveau dans l'infini après une courte visite ; ces astres réaliseraient une invasion de corps étrangers dans notre système solaire.

Dans l'autre cas, c'est-à-dire si l'on trouvait une plus grande probabilité générale en faveur des orbites elliptiques, les comètes appartiendraient à notre système.

Le premier astronome qui se soit occupé de cette question est Laplace ; il trouvait que les hyperboles avaient en leur faveur une plus grande probabilité que les ellipses. Par suite de la confiance qu'inspirait le grand géomètre français, on admit généralement dès lors que les comètes sont des nébuleuses errant de système en système sans appartenir à aucun d'eux. Cependant les déductions de Laplace n'étaient point exactes ; déjà Gauss (Œuvres VI, p. 581) l'avait démontré. M. Schiaparelli, sans connaître le travail de Gauss, arrive aux mêmes conclusions dans son travail classique sur les étoiles filantes, et ces deux savants démontrent que les orbites cométaires qui nous paraissent de forme parabolique doivent être en réalité des ellipses très allongées.

Il y a plus : lorsqu'on tient compte du mouvement de

tout le système solaire dans l'espace, il ne reste pas de doute que les comètes ne peuvent être des corps complètement étrangers à notre système.

Si elles étaient étrangères à notre système, toutes les directions et les vitesses des comètes avant leur entrée dans la sphère d'attraction du soleil seraient également probables par rapport à un point fixe. Mais dans ce cas, puisque nous avançons avec le soleil vers un point de la constellation d'Hercule, nous devrions voir venir de cette direction plus de comètes, et avec de plus grandes vitesses que dans la direction opposée, ce qui n'a pas été observé. De plus, les orbites cométaires dont les branches descendantes se perdent dans la région de l'espace vers laquelle se dirige le soleil, devraient être des hyperboles, tandis que du côté opposé, on devrait rencontrer surtout des ellipses. Or une telle disposition des orbites cométaires n'existe pas, donc les comètes ne sont pas indépendantes du mouvement de translation du soleil, lorsqu'elles arrivent à nous de l'espace : au contraire, elles participent déjà à ce mouvement, d'où il résulte qu'elles sont dès l'origine en connexion avec le soleil, soit avec cet astre seul, soit avec le groupe stellaire auquel il appartient immédiatement.

Nous ne saurions mieux faire que de citer, à cette occasion, avec l'autorisation de M. Schiaparelli, un fragment d'une lettre fort intéressante que le savant astronome adressait il y a quelque temps à M. Meyer. Le directeur de l'Observatoire de Milan écrivait :

« Puisque les comètes se meuvent dans l'espace dans la même direction et avec la même vitesse que le soleil, on doit penser que c'est là une propriété inhérente à ces corps et déterminée par leur origine. Les analogies très

grandes de leur constitution physique et chimique nous portent à penser que ce sont des corps de la même espèce, et nés d'une même manière. Ainsi, de même que les trajectoires parallèles et les vitesses égales des Perséides nous autorisent à conclure que ces corps ont toujours parcouru des orbites à peu près semblables, et à soupçonner une origine commune à tous; de même, en voyant toutes les comètes accompagner le soleil dans sa marche, bien que séparées de lui par des intervalles énormes (qui peuvent être du même ordre que les intervalles des étoiles fixes entre elles), nous arrivons à penser que le soleil, les comètes, et peut-être d'autres corps encore ont commencé leur existence indépendante avec le même mouvement, en direction et en vitesse. On est encore fondé à supposer, à cause de ces mouvements communs, qu'ils faisaient autrefois partie d'une seule masse, douée du même mouvement.

C'est ici que l'hypothèse nébulaire vient s'introduire d'elle-même d'une façon extrêmement naturelle, en s'imposant à notre imagination avec une force presque irrésistible. Lorsque l'immense nébuleuse, dont la condensation granulaire aurait formé, suivant cette hypothèse, le système de la voie lactée, était encore à l'état de continuité matérielle, ses différentes parties ont dû, par leur attraction réciproque (combinée peut-être avec des mouvements intérieurs préexistants), prendre différents degrés de vitesse; les parties qui occupaient la même région ont dû prendre des vitesses égales, ou du moins peu différentes. Ces vitesses ont été conservées même après que toute la masse première s'est résolue en petits morceaux. Ces corps, voisins entre eux, ayant subi toujours les mêmes attractions, ont parcouru des orbites semblables dans

l'espace avec des vitesses égales; leur mouvement, égal au commencement, sera égal encore aujourd'hui. Et si nous observons à présent dans un certain nombre de masses, une semblable identité de vitesses et de directions, quoi de plus naturel et de plus raisonnable que d'admettre pour toutes ces masses une origine commune dans la même région de la grande nébuleuse, mère du système galactique ?

Ce fait, de plusieurs astres stellaires très éloignés l'un de l'autre, décrivant dans l'espace des trajectoires parallèles avec la même vitesse, n'est pas sans exemple, et le cas le plus connu est celui des étoiles de la grande Ourse. Si ce que je viens d'expliquer est conforme à la nature des choses, toute la voie lactée doit être formée par de semblables systèmes de corps doués de mouvements égaux ou presque égaux. Les dimensions de ces corps étant très petites par rapport aux distances, plusieurs systèmes peuvent aisément se croiser dans le même espace, en donnant lieu à toute cette confusion apparente que nous voyons dans le mouvement des étoiles fixes.

Ce problème des mouvements généraux du système étoilé me paraît avoir quelque analogie avec la détermination du mouvement des eaux de la mer. Tous les facteurs qui produisent le mouvement d'une molécule d'eau, travaillent d'une manière extrêmement peu différente à produire le mouvement d'une molécule voisine : le résultat est un système très compliqué de courants, dans chacun desquels les mouvements peuvent être regardés comme parallèles et identiques, si l'on ne dépasse pas une certaine limite d'extension.

Eh bien ! nous faisons partie d'un courant cosmique à trois dimensions, et les comètes en font partie aussi. Ne

voyez-vous pas se montrer ici une analogie inattendue entre les comètes et les étoiles filantes? Les courants de comètes sont formés par l'attraction du grand système galactique, tandis que les courants d'étoiles filantes sont formés par l'attraction du soleil. Et sous ce point de vue, il est très vraisemblable de dire que les comètes, dans le système des étoiles fixes, sont à regarder comme des étoiles filantes dans le système solaire.

Maintenant, imaginez un observateur placé sur l'une des Perséides, et, si vous voulez, sur une Perséide de masse relativement considérable. Les autres Perséides voisines, tout en décrivant leur trajectoire par rapport au soleil, sont attirées aussi par la Perséide puissante dont je viens de parler, et décriront relativement à elle de petites paraboles, ou en tous cas de petites orbites ouvertes. N'est-il pas évident que la disposition de ces orbites relatives aura quelque dépendance du mouvement commun de toutes les Perséides? Eh bien, la même chose pourra avoir lieu dans le courant cosmique dont le soleil et les comètes font partie. Le soleil, qui joue ici le rôle de la Perséide puissante, produit dans tout le système des comètes des mouvements relatifs à lui, et ces orbites relatives (les paraboles cométaires) seront liées de quelque façon avec la direction générale du mouvement cosmique commun. »

Ces réflexions nous ramènent à notre point de départ. Nous avons vu les comètes se former en quelque sorte des restes de la grande nébuleuse qui a produit la multitude des étoiles du système galactique. Mais les comètes qui visitent le soleil ont appartenu dans leur origine à une seule traînée de matière primitive dont les différentes parties, dès avant leur condensation partielle en noyaux

stellaires, étaient animés d'un mouvement commun. Si l'on accepte ces idées, on ne sera plus surpris de voir deux ou plusieurs comètes marcher approximativement dans la même orbite : une partie de la matière demeurée libre dans l'espace interstellaire se sera divisée en plusieurs morceaux conservant la même vitesse générale, et alors nous voyons arriver ces différentes parties l'une après l'autre, soit dans la même orbite, soit plus généralement dans les branches descendantes parallèles d'orbites similaires.

Si nous avons à faire à deux apparitions de comètes qui ont marché à peu près dans la même courbe parabolique, pour autant que nous pouvons le constater, il ne reste que ces deux alternatives : ou bien c'est la même comète revenue dans une ellipse relativement plus courte qu'on ne l'avait supposé en l'assimilant presque à une parabole, ou bien ce sont deux comètes formées en même temps, deux comètes jumelles, résultant du partage en plusieurs morceaux d'une même traînée primitive de nébulosité interstellaire, ou bien encore du partage subséquent d'une même comète. Dans l'état actuel de la science, nous ne possédons aucun critère certain qui nous permette de décider dans tous les cas pour l'une ou l'autre alternative, en sorte que nous pouvons rester dans le doute sur l'identité des deux comètes. Seulement on peut dire ceci : que deux comètes qui suivent des chemins semblables en approchant du soleil ont une origine commune. Les discordances que les calculateurs pourraient trouver dans la longueur des grands axes de leurs orbites ne sauraient infirmer une telle conclusion.

L'un ou l'autre des deux cas, identité ou gémellarité, doit avoir lieu d'une part pour les comètes de 1843 et de 1880 ; de l'autre part pour celles de 1807 et de 1881.

III. Éléments elliptiques comparatifs des comètes de 1843 et 1880, de 1807 et 1881.

(Notes de M. Meyer.)

Nous donnons ci-dessous les deux systèmes d'éléments qui se rapportent aux comètes de 1843 et de 1880. Le premier a été calculé par M. le prof. Plantamour, d'après les trois observations faites à Genève en 1843; le second par M. Meyer, d'après l'ensemble des observations faites en 1880 à Cordoba, au cap de Bonne-Espérance et à Melbourne.

1843

Passage au périhélie.....	=	1843 février 27. 35387.	
Longitude du périhélie...	=	227°31′51″5	Equinoxe moyen de 1843.0.
Longitude du nœud......	=	355°15′49″4	
Inclinaison	=	36°58′28″8	
Log. de l'excentricité....	=	9.9997301	
Log. de la distance du périhélie.	=	7.8394780.	
Mouvement rétrograde.			

1880

Passage au périhélie.....	=	1880 ; 27.47550. Temps moyen de Berlin.	
Longitude du périhélie...	=	278°14′0″5	Equinoxe moyen de 1880.
Longitude du nœud......	=	355°54′17″5	
Inclinaison	=	36°57′49″4	
Log. de l'excentricité.....	=	9.9997650	
Log. de la distance du périhélie..............	=	7.7778470	
Mouvement rétrograde.			

Ces deux orbites sont si pareilles, que l'on peut reproduire à quelques minutes d'arc près les positions de 1880 avec les éléments de 1843 et vice versa. Même en admettant pour ces deux comètes une origine commune, une telle coïncidence resterait invraisemblable. Il y a donc une très grande probabilité en faveur de l'identité réelle de ces deux comètes. Quant aux deux comètes de 1807 et de 1881, voici leurs éléments : Ceux de la première ont été calculés par Bessel, d'après l'ensemble des observations. Les éléments de la seconde sont le résultat de

trois observations seulement, dont la première a été faite le 22 juin à Kiel, et les deux autres le 26 et le 30 juin à Genève.

1807

Passage au périhélie...	1807 sept. 18. 74537. Temps moyen de Paris.	
Longitude du périhélie.	= 270°54′52″	Equinoxe moyen de 1807.0.
Longitude du nœud....	= 266°47′11″	
Inclinaison...........	= 63°10′28″	
Log. de la distance périhélie	= 9.8103158	
Mouvement direct.		

1881 *b*

Passage au périhélie...	1881 juin 16. 5423. Temps moyen de Berlin.	
Longitude du périhélie.	= 265°20′49″	Equinoxe moyen de 1881.0.
Longitude du nœud....	= 270°58′2″	
Inclinaison...........	= 63°27′40″	
Log. de la distance périhélie	= 9.86604	
Mouvement direct.		

Bien que les éléments ci-dessus de la comète 1881 *b* ne soient que provisoires, ils ne peuvent s'écarter assez de la vérité pour que les éléments vrais arrivent à concorder parfaitement avec ceux de la comète de 1807. Les différences de quelques degrés qui existent dans la longitude du périhélie et dans celle du nœud ne seront certainement pas beaucoup plus petites dans l'orbite définitive. Ces chiffres ne sont donc pas aussi concluants en faveur de l'identité que ceux donnés ci-dessus pour les comètes 1843 et 1880. Nous ne pouvons pas savoir si les perturbations qu'a subies la comète de 1807 ont été assez puissantes pour produire des variations semblables dans son orbite, ou bien si nous avons à faire à deux comètes jumelles.

Constitution physique de la comète de 1807. — Comparaisons avec la comète actuelle.

La rapidité des changements qui surviennent dans la structure des comètes ne saurait exclure ni l'existence d'une loi de ces changements, ni la permanence de quelques caractères physiques essentiels, durant les retours

successifs du même astre. Il est vraisemblable que les comètes offrent une assez grande variété, et se divisent en classes, dont chacune a des caractères propres qui se conservent dans les différentes apparitions.

C'est à titre de matériaux en rapport avec cet ordre d'idées, que nous rappelons ici, principalement d'après W. Herschell, les principaux caractères physiques de la comète de 1807.

Cette comète, très visible à l'œil nu, et qui occupa beaucoup le public, fut suivie par les astronomes depuis le 9 septembre 1807 jusqu'au 27 mars 1808. Elle passa au périhélie le 18 septembre. Bessel calcula ses éléments, W. Herschel étudia sa structure en faisant usage surtout de deux réflecteurs newtoniens de 10 pieds de longueur focale, ayant 8 $^{9}/_{10}$ pouces (22^{cm}) et 24 pouces anglais (61^{cm}) d'ouverture. Le pouvoir pénétrant du premier était de 28 fois, et celui du second 75 fois.

Au milieu de la nébulosité formant la tête de la comète, W. Herschel vit un très petit noyau bien rond, très brillant, d'éclat uniforme, et dont la couleur tirait un peu sur le rouge. Le grand observateur s'assura qu'il n'avait point sous les yeux un faux disque stellaire, en reconnaissant que le diamètre du noyau n'augmentait pas, mais au contraire diminuait un peu, à mesure que l'on restreignait l'ouverture objective à l'aide d'un diaphragme. Une structure particulière se trouvait indiquée par cette circonstance que le contour du noyau perdait sa netteté aux grossissements de 406 et 500 fois, que supportait bien le télescope appliqué à l'observation d'autres objets.

W. Herschel estime que le diamètre du noyau devait être compris entre 1″ et 2 $/_{2}''$; inférieur, en tous cas, au diamètre du 3me du satellite de Jupiter. Malgré ce très petit diamètre, le célèbre observateur croit pouvoir affir-

mer que, s'il y avait eu des phases dans cette partie de l'astre, elles ne lui auraient point échappé; puis il conclut de l'absence de phases et de la vivacité de la lumière, que le noyau brille d'une lumière propre. Le noyau est entouré d'une nébulosité assez brillante de 40″ de diamètre, graduellement plus condensée vers le centre, et formant avec le noyau lui-même la tête de la comète, qu'entoure la chevelure, nébulosité plus faible de 5 à 6 minutes de diamètre, et qui forme la limite supérieure de la queue. Celle-ci n'était pas bifide, mais seulement beaucoup moins prolongée du côté nord-suivant que du côté sud-précédent; de plus, du côté sud-précédent le bord était bien terminé, tandis que du côté opposé il se montrait mal terminé et irrégulier, surtout à l'extrémité.

La plus grande longueur que la queue paraît avoir atteinte serait de 5° (Chambers). W. Herschel, observant la comète avec une lunette de nuit dont le champ était de 4°, trouve pour la longueur de la queue :

18 octobre 3 $^3/_4$° — 20 novembre 2 $^1/_2$° — 6 décembre 0°33′.

De faibles étoiles furent observées à travers la queue ou la chevelure, mais leur éclat était très sensiblement diminué.

Lorsque la comète fut sur le point de disparaître en s'éloignant du soleil, elle prit de plus en plus l'aspect d'une nébuleuse; et il est certain, dit W. Herschel, que si je l'eusse rencontrée dans l'une de mes revues du ciel telle qu'elle s'est montrée à moi depuis le 6 décembre, je l'aurais inscrite dans mon catalogue de nébuleuses.

Comparaisons avec la comète 1881 b.

Les caractères communs aux deux astres sont : la visibilité à l'œil nu, l'existence d'un petit noyau à contour

assez net et de couleur rougeâtre; d'une nébulosité qui éteint légèrement la lumière des étoiles; une queue non partagée ou bifide, légèrement asymétrique, mieux terminée et un peu plus brillante d'un côté que du côté opposé. Les différences consistent en ce que le noyau de la comète de 1881, dans la période du plus grand éclat, était ovale; celui de 1807 rond. Le noyau était en 1881 deux ou trois fois plus grand en diamètre, la queue deux ou trois fois plus longue et la chevelure de un tiers plus petite, que les mêmes parties en 1807.

L'apparition de 1881 a été plus brillante que celle de 1807. La comète se serait réconfortée dans l'espace.

IDÉES DE WILLIAM HERSCHEL SUR LES COMÈTES

Contenues dans les mémoires de cet astronome sur les comètes de 1807 et de 1811. Ces mémoires ont été publiés dans les Transactions philosophiques pour 1808 et 1812.

On a mis entre parenthèses et marqué de la lettre R, les développements hasardés par le rédacteur dans l'intention de compléter ou de développer la pensée de W. Herschel.

Le reste du texte offre la traduction littérale ou l'analyse des passages de l'auteur anglais, dont l'ordre d'exposition seul est changé.

1. La substance des comètes est identique à celle des nébuleuses elle est phosporescente, car l'affaiblissement de la lumière des comètes, à mesure qu'elles s'éloignent du soleil, n'est pas aussi rapide que si elles nous envoyaient seulement de la lumière réfléchie.

2. Il peut arriver qu'une nébuleuse soit attirée par le soleil le plus voisin, et qu'après son premier passage au périhélie sa trajectoire soit dirigée vers un autre soleil, et

qu'en passant successivement de l'un à l'autre elle atteigne la région de notre soleil, où nous la voyons transformée en comète.

3. Les comètes encore éloignées ressemblent parfaitement à des nébuleuses dont elles ne se distinguent que par leur mouvement.

4. A mesure que les comètes se rapprochent du soleil leur nébulosité se développe en prenant des formes et une structure spéciales sous l'influence du soleil.

5. Quand de nouveau les comètes s'éloignent du soleil, elles reprennent le caractère de simples nébulosités.

6. Cependant elles restent modifiées dans leur structure intérieure par chacun de leurs passages périhélies, comme il sera dit ci-après.

7. Les nébuleuses cométaires et les comètes sont formées de deux substances distinctes :

a) Une matière phosphorescente, c'est-à-dire, lumineuse par elle-même.

b) Un fluide élastique transparent, obscur.

8. A mesure qu'une nébulosité cométaire se rapproche du soleil, elle se modifie sous l'influence calorifique lumineuse et chimique des rayons solaires.

a) Elle se dilate.

b) Elle augmente d'éclat, en réfléchissant la lumière solaire.

c) Elle subit dans une portion de sa substance une modification chimique, d'où résulte une condensation ou une solidification permanente d'une partie de la substance cométaire. A mesure que cette condensation s'opère : α) la quantité totale de substance gazeuse que la comète renferme diminue, et avec elle la faculté de se dilater considérablement par l'action de la chaleur ; β) la lumière propre émise par la substance nébulaire de la

comète diminue, et le pouvoir de réfléchir la lumière solaire augmente; γ) il peut se former un noyau de nature solide (ou liquide. R.) par concentration d'une partie de la substance condensée.

Définition. La partie de la substance nébulaire, qui a subi la modification par condensation dont il vient d'être parlé, sera dite : *substance périhélisée,* et celle qui n'a pas subi cette modification, mais pourrait la subir : *substance non périhélisée.*

Le noyau est généralement entouré d'une certaine quantité de matière phosphorescente concentrée formant avec lui la *tête.*

Le noyau se comporte, en somme, comme un corps lumineux par lui-même, car il n'a pas de phases, et brille souvent d'un vif éclat, supérieur intrinsèquement à celui que les planètes offriraient à la même distance du soleil. (Schröter admettai taussi que le noyau de la comète est lumineux par lui-même. R.)

9. Les rayons du soleil produisent encore sur la comète d'autres genres d'effets.

a) Sous l'influence des rayons solaires, la matière phosphorescente tend à se séparer du fluide obscur transparent avec lequel elle était mélangée, de là résultent des enveloppes lumineuses séparées par des zones transparentes obscures.

b) *Formation de la queue.* Le soleil réchauffe et dilate une portion de la matière cométaire, très spécialement celle qui se trouve du côté de la comète tournée vers le soleil.

Sous l'influence calorifique et chimique prolongée des rayons solaires, cette même substance se modifie par décomposition, se raréfie excessivement, et dans cet état elle devient sensible à l'action répulsive des rayons solai-

res, qui refoulent cette substance en arrière, ce qui amène la formation d'une queue opposée au soleil. (Schröter explique également par une force répulsive solaire la formation des queues; mais il admet de plus que la grande étendue des queues de plusieurs comètes doit s'expliquer par la présence d'une matière subtile disséminée, peut-être inégalement dans l'espace, et susceptible de devenir lumineuse par l'action combinée de la comète et du soleil. Suivant le même astronome il existerait dans le noyau une force répulsive ou de projection agissant sur la matière nébulaire. R.)

La matière cométaire émise par la tête, et qui n'est pas assez raréfiée pour contribuer à la formation de la queue, retombe dans le noyau,

10. Les réactions mutuelles (électriques ou autres. R.) des substances produites par l'action solaire sur la matière cométaire primitive, et l'action combinée du soleil sur ces mêmes substances contribuent à la production des structures spéciales, des arcs multiples, etc., qui se montrent dans la tête des comètes.

11. La substance qui forme les comètes et les nébuleuses est assez diaphane pour que de petites étoiles restent visibles à travers son immense épaisseur. Cependant l'éclat de ces étoiles est un peu affaibli.

12. Les comètes sont probablement animées d'un mouvement de rotation, qui augmente la variété des aspects sous lesquels leurs têtes et leurs queues sont vues de la terre.

Retours successifs.

13. Les comètes tendent à se modifier de plus en plus à chacun de leurs passages périhélies. Elles diffèrent d'elles-mêmes, dans leurs retours successifs, par la dimi-

nution survenue dans la quantité totale de substance nébulaire primitive ou *non-périhélisées* qu'elles renferment; de là résulte qu'elles deviennent de moins en moins modifiables par l'action solaire et en particulier :

a. Moins expansibles par l'influence des rayons du soleil qui développe des queues moins volumineuses.

b. Moins lumineuses par elles-mêmes, et en retour plus lumineuses par réflexion de la lumière du soleil; ainsi elles perdent plus rapidement leur éclat à mesure qu'elles s'éloignent du soleil.

14. Cependant les comètes anciennes, en traversant l'espace peuvent rencontrer de la matière nébuleuse phosphorescente qu'elles retiennent et s'attachent, ce qui donne lieu à une espèce de rajeunissement de la comète, qui reprend les caractères d'expansibilité et de phosphorescence des comètes jeunes, et devient de nouveau très sensible à l'action solaire.

15. Une comète qui atteint pour la première fois son périhélie peut cependant offrir déjà les caractères d'une comète d'un certain âge. — Cela arrive lorsque la matière nébuleuse primitive (par l'action lentement continuée des étoiles voisines. R.) se trouve être déjà parvenue à un haut degré de condensation, au moment où elle a été entraînée pour la première fois dans la proximité du soleil.

16. Les comètes brillantes appartiennent à deux catégories :

a. Celles qui sont sorties depuis peu de temps de la condition de nébuleuses.

b. Celles qui ont rencontré dans l'espace une grande quantité de matière nébuleuse phosphorescente, c'est-à-dire *non-périhélisée.*

NOTE

SUR LA

COMÈTE DU MOIS D'AOUT 1881

PAR

M. Wilhelm MEYER
Astronome-adjoint à l'Observatoire de Genève.

Cette comète a été découverte par Schaeberle, astronome de An-Arbor (États-Unis de l'Amérique du Nord). En Europe elle est vue depuis le 18 juillet. Les observations faites à Genève commencent seulement le 22; notre Observatoire n'étant pas en correspondance télégraphique avec d'autres établissements astronomiques, une position approximative de la comète n'arrivait à ma connaissance que le jour même de ma première observation. Depuis lors, des positions de la comète ont été obtenues à l'aide du grand Équatorial de Genève presque toutes les nuits. Entre le 22 juillet et le 9 août il n'y a que deux jours, le 25 et le 30 juillet, où l'on n'a pas pu faire des observations. Les deux premières nuits la comète n'avait pas de noyau bien marqué. La tête était ronde, avec condensation graduelle vers le milieu. On estime son diamètre de 2 à 3 minutes d'arc. Le 24, le noyau commence à devenir stellaire. On remarque pour la première fois une trace de la queue avec le chercheur du grand

équatorial. L'éclat de la comète a sensiblement augmenté. Le 26 la comète est visible à l'œil nu, quoiqu'avec peine. La queue a une longueur d'un demi-degré dans le chercheur. Le 27 on peut poursuivre la queue dans la grande lunette avec un grossissement de 96 fois, jusqu'à 7 minutes d'arc environ. Le 1er août on voit la queue à l'œil nu, elle a un degré de longueur. On ne remarque pas encore de détails. En somme la comète ressemble beaucoup à la comète 1881 *b*, comme elle a été visible vers la fin du mois de juillet. L'enveloppe nébuleuse se perd très graduellement dans l'espace, mais se condense d'une manière soudaine vers le milieu.

Les observations de la comète :

	Temps local.	Ascension droite apparente.	Déclinaison apparente.
Berlin, juillet 19.....	$12^h\,59^m\;4^s$	$5^h\,54^m\,24^s17$	$+\,40°33'27''1$
Genève, » 24.....	$14^h\,10^m\,40^s$	$6^h\;5^m\,35^s21$	$+\,42°35'34''9$
» » 29.....	$12^h\,53^m\;3^s$	$6^h\,20^m\,48^s65$	$+\,44°56'25''1$

m'ont conduit à l'orbite suivante :

Éléments de la comète 1881 c.

Passage au périhélie......	= 1881 août 20.8422 temps moyen de Berlin.	
Longitude du périhélie....	= 336°16′2″	Équin. moy. 1881.0.
Longitude du nœud.......	= 98°29′26″	Équin. moy. 1881.0.
Inclinaison...............	= 38°49′26″	Équin. moy. 1881.0.
Log. de la distance du périhélie................	= 9.80208	
Mouvement rétrograde.		

L'erreur que cette orbite laisse en représentant la seconde observation par le calcul est :

$$(C-O)\; d\alpha\cos\beta = -\;18''$$
$$d\beta = +\;\;8''$$

D'après cette orbite la marche de la comète jusqu'au 19 septembre se fera comme l'indique l'éphéméride donnée ci-dessous :

Éphéméride pour minuit de Berlin.

		α app.	δ app.	log. r	log. Δ	J
Août......	14.5	8h 45m 54s	+ 52° 8.5	9.81242	9.85624	10.1
	18.5	10 10 20	49 36.6	9.80346	9.79179	
	22.5	11 35 9	40 38.6	9.80278	9.75160	16.9
	26.5	12 39 8	27 5.1	9.80998	9.75621	
	30.5	13 20 50	13 40.6	9.82422	9.80104	12.2
Septembre..	3.5	13 47 12	+ 3 1.0	9.84400	9.86655	
	7.5	14 4 26	— 4 46.6	9.86762	9.93402	5.4
	11.5	14 16 11	— 10 27.4	9.89352	9.99697	
	15.5	14 24 37	— 14 42.0	9.92046	0.05310	2.5
	19.5	14 31 16	— 17 36.0	9.94762	0.10095	

Dans ce tableau α et δ sont l'ascension droite et la déclinaison de la comète, r et Δ ses distances du Soleil et de la Terre, et J l'intensité relative de son éclat, l'intensité du 19 juillet étant prise comme unité.

La comète se rapprochera donc de nous jusqu'au 22 août, et sa plus faible distance à la Terre dépassera la moitié du rayon de l'orbite terrestre. Ce sera à peu près à la même date que l'astre se trouvera dans la position la plus favorable pour être vu à l'œil nu. Le 22, à la tombée de la nuit, vers huit heures et demie, on le verra au nord-ouest, à 20 degrés au-dessus de notre horizon; il se couche ce jour-là à onze heures trois quarts pour se lever de nouveau à deux heures et quart de la nuit. Après la date indiquée, la comète, en s'éloignant de la Terre et du Soleil, descend rapidement vers l'équateur et passera déjà le 5 septembre dans l'hémisphère sud, de sorte que nous ne jouirons pas longtemps de son aspect.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

F. SCHAFFER. MYKROPROTÉINE. (*J. pr. Chem.*, 23, p. 302. Berne.)

L'auteur a traité la mykroprotéine par la potasse en fusion, et après ce traitement il a réussi à reconnaître et à isoler de l'indol et du skatol, du phénol (0,15 %), des acides gras (environ 38 %), et de la leucine. Ces produits caractérisent la mykoprotéine comme une albumine véritable; elle est une des moins solubles dans les dissolutions salines neutres; 2 % de Na Cl suffisent pour la précipiter entièrement de ses dissolutions.

O. DIETZSCH. CRITIQUE DES DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ANALYSE DES MATIÈRES GRASSES DU LAIT. (*Rep. anal. Chem.*, I, p. 33. Zurich.)

P. SCHOOP. ACIDE SULFOTÉRÉPHTALIQUE ET SELS. (*Berichte Berlin*, 14, p. 223. Choindez, Berne.)

L'acide sulfotéréphtalique a été obtenu en chauffant l'acide téréphtalique avec de l'acide sulfurique fumant, à 180° en tubes fermés; il est hygroscopique, bibasique, et ses sels sont très solubles dans l'eau.

M. NENCKI, N. SIEBER et S.-W. SCHMID. COMBINAISONS DES ACIDES GRAS MONO- ET BIBASIQUES AVEC LES PHÉNOLS. (*Journ. pr. Chem.*, 23, p. 537. Berne.)

En chauffant 1 partie de résorcine avec 2 parties d'acide

acétique glacial et 3 parties de chlorure de zinc, on obtient une résine verte douée d'éclat métallique qui se dissout dans l'alcool; par des précipitations fractionnées par l'eau acidulée puis par l'ammoniaque, on peut isoler deux matières colorantes, l'acetfluorescéine et la resacétéine; la première a pour formule $C_{16}H_{12}O_4$; la seconde $C_{24}H_{18}O_5$. On a donc les réactions suivantes :

1° $$\underset{\text{Acide acétique.}}{C_2H_4O_2} + \underset{\text{Resorcine.}}{C_6H_6O_2} = \underset{\text{Résacétophénone.}}{C_8H_8O_3} + H_2O$$

2° $$(C_8H_8O_3)_2 = \underset{\text{Résacétéine.}}{C_{16}H_{12}O_4} + 2H_2O$$

3° $$(C_8H_8O_3)_3 = \underset{\text{Acetfluorescéine.}}{C_{24}H_{18}O_5} + 3H_2O + O$$

Les auteurs continuent leurs recherches et ont déjà obtenu soit avec le pyrogallol, soit avec le phénol, des matières colorantes qu'ils étudient.

En traitant l'hydroquinone par l'acide acétique et le chlorure de zinc on obtient la quinacétophénone $C_8H_8O_2$ fusible à 202°, soluble à chaud dans l'eau. La résorcine chauffée avec l'acide formique et le chlorure de zinc donne la résaurine $C_{19}H_{14}O_6$, poudre hygroscopique rougeâtre qui n'est qu'une aurine trihydroxylée $\begin{matrix} O & & C_6H_3(OH)_2 \\ | & > C < & \\ C_6H_3OH & & C_6H_3(OH)_2 \end{matrix}$; le phénol, traité de la même manière, doit donc donner l'aurine, c'est ce qui paraît avoir lieu. Les recherches continuent.

V. Meyer et F.-P. Treadwell. Nouvelle série de bases volatiles. (*Berichte Berlin*, 14, p. 1150. Zurich.)

Une nouvelle série de bases s'obtient en réduisant les nitrosokétones par l'étain et l'acide chlorhydrique; elles ont pour formules $C_nH_{2n-4}N_2$; elles distillent sans décomposition et le premier membre de la série a la propriété, comme le chloral, de s'unir à l'eau en formant une substance cristalline. Les auteurs appelleront ces bases kétines pour rappeler leur origine.

AMBUHL. ANALYSE DU BEURRE. (*Arch. Pharm.*, 18, p. 293. Saint-Gall.)

L'écrivain indique les méthodes qui lui semblent les meilleures pour l'analyse du beurre. 1° Examen microscopique; 2° Détermination des matières grasses par la méthode de Gerber; 3° Détermination de leur poids spécifique à 100° par la méthode de König; 4° Détermination des acides gras volatils suivant Reichert, et enfin 5° Recherche des matières étrangères.

A. CLŒTTA et ED. SCHÆR. SUR LA RÉSORPTION DE L'ACIDE PHÉNIQUE. (*Arch. Pharm.*, 18, p. 241. Zurich.)

Les meilleures méthodes pour reconnaître la présence du phénol dans les urines c'est de les distiller avec de l'acide sulfurique et de traiter ce qui passe à la distillation par l'eau de brome; on obtient du tribromphénol qu'on dose; ou bien en traitant l'urine distillée par le nitrate d'oxydule de mercure, on obtient une coloration rouge caractéristique.

P. SCHOOP. ACTION DE LA DIMÉTHYLANILINE SUR LES BROMURES D'ÉTYLÈNE ET LE TÉTRABROMURE D'ACÉTYLÈNE. (*Berichte Berlin*, XIII, p. 2196. Zurich.)

Le bibromure d'éthylène chauffé 8 jours avec la diméthylaniline donne un résidu dont on peut isoler une base $C_{18}H_{24}N_2$ formant des aiguilles fusibles à 50°. Plusieurs sels ont été préparés et analysés. De la même manière avec le tétrabromure d'acétylène on obtient :

$$\begin{array}{l} CHBr_2 \\ | \\ CHBr_2 \end{array} + 4C_6H_5N(CH_3)_2 = 4HBr + \begin{array}{l} CH \begin{array}{l} / C_6H_4N(CH_3)_2 \\ \backslash C_6H_4N(CH_3)_2 \end{array} \\ | \\ CH \begin{array}{l} / C_6H_4N(CH_3)_2 \\ \backslash C_6H_4N(CH_3)_2 \end{array} \end{array}$$

cette base cristallise l'alcool sous forme de petites colonnes fusibles à 90°; par oxydation on obtient de la quinone.

C. FRIEDEL et J. CRAFTS. COMBINAISONS DE L'ANHYDRIDE PHTALIQUE AVEC LES CARBURES DE LA SÉRIE AROMATIQUE. (*Compt. rend.*, 92, p. 833. Genève.)

En chauffant de l'anhydride phtalique avec un carbure aromatique en présence de chlorure d'aluminium et traitant ensuite par l'eau on obtient facilement les acides kétoniques correspondant, ainsi avec la benzine $C_6H_5CO\ C_6H_4COOH$, avec le toluène, l'acide p. toluylbenzoïque $C_6H_4(CH_3)COC_6H_4COOH$, fusible à 146° et dont plusieurs sels ont été préparés ainsi que des éthers. L'éther méthylique fond à 53° et forme des prismes; l'éther éthylique fond à 68°-69°. L'acide duroylbenzoïque a été obtenu de la même manière, il fond à 260° et la plupart de ses sels fondent déjà sous l'eau à moins de 100°.

K. HEUMANN. ACTION DE L'AIR SUR LE POUVOIR ÉCLAIRANT DES FLAMMES DES BRULEURS DE BUNSEN. (*Berichte*, XIV, 1250. Zurich.)

Discussion des travaux de Wibel et de Blochmann sur l'action de l'air sur la flamme d'un bec de Bunsen au point de vue du pouvoir éclairant; Heumann maintient que son action est due à trois causes : 1° Diminution de la chaleur de la flamme; 2° Oxydation plus complète du gaz, et 3° Dilution des gaz.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de JUILLET 1881.

Le 8, à 6 h. 1/4 soir, éclairs et tonnerres au NO.; pendant toute la soirée éclairs de tous les côtés de l'horizon, et plus tard dans la nuit éclairs et tonnerres avec une forte averse.

11, rosée le matin.

20, pendant toute la soirée, éclairs à l'Ouest et à l'Est.

21, depuis 4 h. après midi, éclairs et tonnerres pendant toute la soirée.

22, dans la nuit du 21 au 22 il y a eu plusieurs secousses de tremblement de terre, l'une assez forte deux minutes après minuit, et à 2 h. 42 m. a eu lieu une secousse assez violente pour mettre tout le monde sur pied dans la ville et ses environs.

24, rosée le matin.

25, id.

26, de 8 h. à 8 h. 1/2 du matin, éclairs et tonnerres; un second orage se dirigeant de l'Ouest à l'Est a éclaté entre 2 h. 25 et 3 h. 15. Ce second orage a été accompagné d'oscillations du baromètre assez remarquables; de 2 h. à 2 h. 20, baisse de $0^{mm},35$; de 2 h. 20 à 2 h. 33, hausse de $2^{mm},20$; de 2 h. 33 à 3 h., hausse de $0^{mm},55$; de 3 h. à 3 h. 30, baisse de $0^{mm},40$; de 3 h. 30 à 4 h., hausse de $0^{mm},60$; après 4 h. le baromètre a continué à monter assez rapidement.

29, rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 9 h. matin..........	734,17	Le 1 à 7 h. soir............	726,62
7 à 6 h. matin..........	730,79	6 à 2 h. après midi......	726,57
11 à 6 h. matin..........	733,57	8 à 6 h. soir............	724,98
14 à 10 h. matin..........	733,25	12 à 6 h. soir............	730,40
23 à 8 h. matin..........	730,30	21 à 4 h. après midi......	720,89
29 à 6 h. matin..........	734,24	26 à 2 h. après midi......	717,81
		31 à 6 h. soir............	725,12

La température de ce mois a été exceptionnellement élevée ; depuis 1826, l'on ne trouve qu'une seule année, en 1859, où elle ait été dépassée pour la température moyenne des 24 heures ; elle a été de 21°,91 en 1881, et de 22°,26 en 1859. Mais le chiffre du maximum diurne moyen a été plus élevé en 1881 que dans aucune année antérieure depuis 1826 ; il a été pour la moyenne du mois de 28°,85, soit de quelques dixièmes de degré supérieur à celui qui avait été enregistré précédemment. Si l'on prend, en particulier, les 7 jours consécutifs de plus grande chaleur, du 15 au 21, on trouve 33°,5 pour le maximum moyen de ces 7 jours ; quant au maximum absolu du mois, 35°9, il a été dépassé dans deux autres années qui ont donné 36°,2 et 36°4.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	728,73	+ 1,37	+17,73	— 0,49	+11,0	+23,2	9,96	—0,51	658	— 31	500	800	...	...	N. 1	0,00	20,0	+ 3,1	162,3
2	727,96	+ 0,57	+20,14	+ 1,86	+11,2	+26,8	10,10	—0,40	577	—111	400	780	...	...	N. 1	0,04	19,7	+ 2,7	161,7
3	731,66	+ 4,25	+22,31	+ 3,97	+15,9	+28,9	13,06	+2,53	652	— 35	510	770	...	...	N. 1	0,31	...	.....	161,0
4	733,61	+ 6,17	+24,06	+ 5,66	+16,4	+31,1	12,61	+2,05	582	—104	340	760	...	...	N. 1	0,00	21,1	+ 3,9	164,2
5	731,21	+ 3,75	+25,83	+ 7,38	+16,7	+34,9	13,07	+2,48	547	—138	220	720	...	...	variable	0,02	21,0	+ 3,8	165,5
6	727,61	+ 0,12	+25,25	+ 6,75	+18,7	+32,4	11,27	+0,66	500	—185	300	660	...	...	SSO. 1	0,59	20,9	+ 3,6	167,7
7	729,74	+ 2,23	+21,49	+ 2,95	+18,9	+27,5	10,46	—0,18	574	—110	400	650	...	...	variable	0,44	18,3	+ 0,9	173,0
8	727,21	— 0,33	+20,34	+ 1,75	+12,2	+28,3	8,70	—1,97	542	—141	220	820	...	...	S. 1	0,42	20,2	+ 2,7	175,0
9	729,03	+ 1,47	+17,78	— 0,85	+15,4	+24,0	9,74	—0,95	660	— 22	430	920	6,8	3	SSO. 2	0,54	18,3	+ 0,7	174,8
10	731,75	+ 4,17	+19,36	+ 0,69	+11,6	+26,0	9,50	—1,21	579	—103	410	740	...	...	variable	0,24	...	.....	178,0
11	732,82	+ 5,22	+18,34	— 0,36	+12,1	+24,0	9,30	—1,43	601	— 80	340	730	...	...	NNE 2	0,04	16,1	— 1,6	180,0
12	731,48	+ 3,85	+19,78	+ 1,05	+12,0	+26,5	11,34	+0,59	651	— 29	460	750	...	...	N. 1	0,04	18,3	+ 0,5	181,0
13	731,80	+ 4,15	+22,99	+ 4,23	+15,4	+29,4	12,32	+1,55	592	— 88	430	740	...	...	N. 1	0,14	20,0	+ 2,2	183,7
14	732,69	+ 5,02	+23,37	+ 4,58	+16,9	+29,4	12,78	+1,99	603	— 76	420	710	...	...	N. 1	0,08	20,8	+ 2,9	183,2
15	731,61	+ 3,92	+24,43	+ 5,62	+17,0	+32,7	14,19	+3,39	630	— 49	350	790	...	...	variable	0,36	21,2	+ 3,2	185,3
16	729,20	+ 1,49	+25,32	+ 6,49	+19,0	+34,6	13,12	+2,30	582	— 96	250	770	1,9	3	variable	0,20	21,6	+ 3,6	187,0
17	727,94	+ 0,21	+25,16	+ 6,31	+17,1	+33,2	13,33	+2,50	575	—103	330	780	...	...	N. 1	0,29	...	.....	189,0
18	728,20	+ 0,46	+24,65	+ 5,78	+19,3	+30,5	15,22	+4,37	671	— 7	450	780	...	...	N. 1	0,02	22,8	+ 4,7	193,0
19	726,46	— 1,30	+27,53	+ 8,65	+21,6	+35,9	13,92	+3,06	541	—137	270	750	...	...	variable	0,60	23,5	+ 5,3	195,0
20	725,07	— 2,71	+27,09	+ 8,20	+19,0	+34,6	9,44	—1,43	414	—263	130	750	...	...	SSO. 2	0,18	24,1	+ 5,8	200,3
21	722,71	— 5,08	+24,68	+ 5,79	+18,0	+33,1	10,53	—0,35	539	—138	220	1000	21,5	8	SO. 2	0,60	23,7	+ 5,4	201,5
22	727,53	— 0,28	+19,16	+ 0,26	+17,2	+24,6	11,58	+0,69	723	+ 46	510	910	...	...	variable	0,76	16,7	— 1,7	206,1
23	729 68	+ 1,86	+19,44	+ 0,54	+12,8	+24,9	9,82	—1,08	601	— 76	360	820	...	...	N. 1	0,02	20,1	+ 1,7	210,3
24	728,80	+ 0,96	+20,84	+ 1,95	+13,6	+29,7	12,66	+1,76	685	+ 7	440	830	...	...	variable	0,16	...	.....	211,0
25	724,26	— 3,59	+23,10	+ 4,21	+15,7	+29,2	10,43	—0,48	515	—163	290	720	...	...	SSO. 2	0,84	21,1	+ 2,6	212,5
26	719,56	— 8,30	+19,77	+ 0,89	+16,1	+27,0	11,39	+0,48	681	+ 3	480	800	16,1	4	SSO. 2	0,83	15,3	— 3,2	209,3
27	727,80	— 0,07	+15,88	— 2,99	+12,1	+20,7	7,06	—3,86	553	—125	350	740	0,3	1	variable	0,41	12,2	— 6,4	216,0
28	733,05	+ 5,16	+15,83	— 3,02	+ 8,8	+21,9	7,16	—3,76	548	—131	310	800	...	...	N. 1	0,01	14,7	— 3,9	216,0
29	732,77	+ 4,87	+20,04	+ 1,20	+ 8,4	+28,2	7,68	—3,24	473	—206	220	800	...	...	SSO. 1	0,00	18,7	+ 0,1	214,7
30	729,07	+ 1,16	+22,11	+ 3,29	+15,6	+29,2	8,43	—2,49	459	—221	260	660	...	...	SSO. 1	0,71	15,8	— 2,9	211,0
31	726,46	— 1,46	+25,34	+ 6,55	+17,8	+31,9	10,02	—0,90	442	—239	270	590	...	...	SO. 2	0,51	...	.....	211,0

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,31	730,49	730,16	729,69	729,32	729,15	729,06	729,44	730,10
2e »	730,62	730,61	730,37	729,77	729,09	728,53	728,32	728,76	729,36
3e »	727,65	727,99	727,91	727,42	726,88	726,60	726,77	727,32	727,76
Mois	729,47	729,64	729,43	728,91	728,38	728,04	728,01	728,47	729,04
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+17,61	+21,43	+23,44	+24,93	+26,32	+26,58	+25,39	+22,17	+19,76
2e »	+19,26	+22,84	+24,97	+27,81	+29,31	+28,86	+28,35	+25,38	+23,10
3e »	+16,42	+19,96	+22,24	+24,57	+26,24	+25,84	+23,90	+21,02	+18,94
Mois	+17,72	+21,36	+23,51	+25,73	+27,26	+27,06	+25,82	+22,80	+20,55
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,34	10,62	10,37	10,63	10,89	10,47	10,52	11,70	11,53
2e »	12,53	13,74	12,78	12,02	12,39	11,61	11,48	12,99	13,36
3e »	10,16	10,23	10,09	9,40	8,58	9,34	9,85	10,35	9,79
Mois	11,31	11,49	11,05	10,64	10,56	10,44	10,59	11,64	11,50
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	758	563	483	457	429	420	444	586	671
2e »	749	657	543	442	413	404	411	546	636
3e »	732	597	519	420	342	387	454	566	598
Mois	746	605	515	439	393	403	437	566	634

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 14,80	+ 28,31	0,26	+ 19,94	6,8	168,32
2e »	+ 16,94	+ 31,08	0,19	+ 20,93	1,9	187,75
3e »	+ 14,19	+ 27,31	0,44	+ 17,59	37,9	210,85
Mois	+ 15,27	+ 28,85	0,30	+ 19,47	46,6	189,68

Dans ce mois, l'air a été calme 1,1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,98 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S.—77°,3—O. et son intensité est égale à 12,3 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1881.

Le 7, brouillard le matin et le soir, forte bise le soir.
9, brouillard le matin et légère brume, forte bise.
10, brouillard le soir.
11, forte bise dans la matinée.
18, éclairs dans la soirée.
19, violent orage à 8 h. soir, accompagné de fortes décharges électriques.
21, brouillard le matin; deux orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres éclatent successivement, l'un à 6 h. $^1/_2$, l'autre à 8 h. $^1/_2$ du soir.
22, pluie et brouillard tout le jour.
23, brouillard le matin, forte bise.
26, pluie et brouillard dans la nuit et pendant tout le jour jusqu'à 9 h. du soir.
27, brouillard le matin et le soir, forte bise.
28, brouillard le matin, forte bise.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 8 h. soir	569,45
Le 4 à 10 h. soir	576,53		
		9 à 6 h. matin	567,37
15 à 10 h. matin	576,42		
		22 à 6 h. matin	566,91
24 à midi	571,09		
		27 à 6 h. matin	564,18
29 à 10 h. matin	573,69		
		31 à 2 h. après midi	570,97

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1881.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	569,75	+ 1,88	569,45	570,40	+ 8,52	+ 3,12	+ 4,9	+12,0	.....	.....	....	NE. 1	0,02
2	570,66	+ 2,73	569,51	571,86	+10,12	+ 4,66	+ 6,8	+13,5	.....	.....	....	NE. 1	0,08
3	574,01	+ 6,03	572,71	575,31	+ 9,99	+ 4,47	+ 8,3	+13,7	.....	.....	....	NE. 1	0,49
4	576,00	+ 7,97	575,36	576,53	+11,56	+ 5,98	+ 8,5	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	0,07
5	575,48	+ 7,40	574,68	576,07	+15,31	+ 9,67	+11,0	+19,5	.....	.....	....	NE. 1	0,11
6	572,30	+ 4,17	571,50	573,43	+13,35	+ 7,65	+11,1	+16,4	.....	.....	....	SO. 1	0,31
7	570,52	+ 2,34	570,20	571,22	+ 7,49	+ 1,74	+ 6,5	+10,3	.....	.....	....	NE. 2	0,67
8	568,91	+ 0,68	568,53	569,49	+ 9,19	+ 3,39	+ 6,6	+13,1	....	.....	....	SO. 2	0,29
9	568,61	+ 0,34	567,37	569,64	+ 4,69	— 1,16	+ 2,8	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 2	0,56
10	571,09	+ 2,78	570,06	571,82	+ 5,13	— 0,77	+ 2,0	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 2	0,50
11	572,83	+ 4,48	571,87	573,37	+ 7,90	+ 1,95	+ 2,3	+11,7	.....	.....	....	NE. 2	0,06
12	573,65	+ 5,26	573,13	574,58	+10,64	+ 4,65	+ 7,8	+14,0	.....	.....	....	NE. 1	0,04
13	574,65	+ 6,22	574,17	575,13	+11,01	+ 4,94	+ 8,9	+14,0	.....	.....	....	NE. 1	0,20
14	575,67	+ 7,20	575,09	575,98	+13,06	+ 6,99	+ 9,8	+16,1	.....	.....	....	NE. 1	0,21
15	575,69	+ 7,18	574,89	576,42	+13,75	+ 7,64	+10,9	+17,8	.....	.....	....	NE. 1	0,38
16	573,15	+ 4,60	572,69	574,33	+11,26	+ 5,12	+10,0	+14,1	.....	.....	....	NE. 1	0,26
17	572,37	+ 3,79	572,00	572,70	+11,84	+ 5,67	+ 8,8	+15,0	.....	.....	....	NE. 1	0,23
18	573,14	+ 4,53	572,82	573,57	+15,19	+ 8,99	+11,4	+19,4	.....	.....	....	NE. 1	0,22
19	572,73	+ 4,09	572,32	573,40	+13,00	+ 6,77	+ 9,7	+17,6	.....	4,9	....	SO. 1	0,54
20	570,30	+ 1,63	569,88	571,39	+12,87	+ 6,61	+ 9,8	+17,0	.....	.....	....	variable	0,29
21	567,95	— 0,75	567,31	568,90	+12,00	+ 5,71	+ 9,0	+16,1	.....	10,7	....	SO. 1	0,71
22	568,03	— 0,70	566,91	569,29	+ 4,97	— 1,34	+ 4,0	+ 7,8	.....	9,7	....	NE. 1	1,00
23	570,11	+ 1,36	569,65	570,76	+ 5,67	— 0,66	+ 2,4	+ 9,0	.....	.....	....	NE. 2	0,10
24	570,76	+ 1,99	570,38	571,09	+ 9,03	+ 2,68	+ 4,8	+13,0	.....	.....	....	NE. 1	0,18
25	568,21	— 0,58	567,41	569,60	+11,67	+ 5,30	+ 9,3	+14,9	.....	.....	....	SO. 2	0,59
26	564,77	— 4,04	564,22	565,91	+ 5,81	— 0,57	+ 3,6	+10,8	.....	32,2	....	SO. 1	0,88
27	565,63	— 3,20	564,18	567,17	— 0,14	— 6,53	— 0,8	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 2	0,78
28	571,13	+ 2,29	569,17	573,00	+ 3,17	— 3,23	— 1,6	+ 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,20
29	573,42	+ 4,57	573,21	573,69	+10,01	+ 3,60	+ 4,8	+13,8	.....	.....	....	SO. 1	0,00
30	571,69	+ 2,83	571,25	572,42	+10,39	+ 3,98	8,0	+13,8	.....	.....	....	SO. 1	0,40
31	571,10	+ 2,23	570,97	571,50	+11,96	+ 5,55	8,9	+15,2	.....	.....	....	SO. 1	0,61

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	571,55	571,64	571,76	571,55	571,78	571,80	571,87	572,01	571,98
2e »	573,48	573,48	573,51	573,45	573,44	573,47	573,45	573,49	573,55
3e »	569,22	569,28	569,33	569,33	569,29	569,36	569,49	569,61	569,76
Mois	571,35	571,40	571,46	571,44	571,43	571,47	571,53	571,64	571,70
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 7,15	+ 9,34	+11,51	+12,33	+12,80	+12,18	+10,95	+ 9,32	+ 8,05
2e »	+ 9,20	+11,58	+13,86	+15,26	+15,37	+14,72	+13,57	+11,70	+11,04
3e »	+ 5,82	+ 6,99	+ 8,79	+10,22	+10,65	+10,15	+ 9,05	+ 8,04	+ 7,30
Mois	+ 7,34	+ 9,23	+11,30	+12,53	+12,86	+12,28	+11,12	+ 9,63	+ 8,75

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 6,85	+13,09	0,31	—	—
2e »	+ 8,94	+15,67	0,24	4,9	—
3e »	+ 4,76	+11,22	0,50	52,6	—
Mois	+ 6,78	+13,26	0,35	57,5	—

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,62 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,1 sur 100.

NOTE

SUR

QUELQUES EXPÉRIENCES FAITES EN 1826

SUR LES

COURANTS ÉLECTRIQUES

produits par des éclairs éloignés

ET SUR UNE OBSERVATION DE M. RENÉ THURY

RELATIVE AUX

BRUITS DES TÉLÉPHONES PENDANT LES ORAGES

PAR

M. D. COLLADON, professeur

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 1er septembre 1881.)

M. le professeur Marc Thury m'a communiqué une observation récente faite par son fils M. René Thury ; elle a un grand intérêt pour la météorologie parce qu'elle servira à apprécier à la distance de plusieurs kilomètres l'intensité des éclairs et la conductibilité pour l'induction électrique de l'air surchargé d'humidité.

Cette observation vient d'ailleurs confirmer un fait que j'avais observé et publié à Paris, en 1826, à l'occasion de recherches sur l'électricité atmosphérique au moyen de mon galvanomètre construit pour la mesure des courants électriques que peuvent produire les machines à frottement, la décharge des bouteilles de Leyde, celle des torpilles, ou des gymnotes, l'électricité soutirée des nuages par des branches d'arbres, ou des pointes métalliques, etc.

Suivant la communication de M. Thury, le jeune observateur disposait d'un fil de cuivre tendu horizontalement entre deux maisons à la hauteur des toitures, et communiquant avec la terre au moyen de tuyaux métalliques servant à conduire l'eau potable. Au fil aérien, ayant environ 2 millimètres de diamètre et 50 à 60 mètres de longueur, était joint un téléphone dont la résistance mesurait 4,5 ohms, et un autre appareil semblable de 25 ohms.

Depuis le printemps de 1879, époque de l'établissement du téléphone, à chaque orage, rapproché ou lointain, le jaillissement des éclairs a toujours été accompagné d'un bruit très caractéristique, perceptible dans les téléphones. Ce bruit se faisait entendre à l'instant même où l'on voyait l'éclair, quelle que fût sa distance, et résultait par conséquent d'un effet d'induction de la décharge lointaine sur le fil. Tous les éclairs visibles à l'œil se faisaient entendre dans le téléphone, alors même que l'on ne pouvait entendre le bruit du tonnerre; la distance de l'éclair devait être alors d'au moins 35 kilomètres.

Le bruit de l'éclair consistait ordinairement en une sorte de crépitation composée d'une succession très rapide de coups secs d'intensité très variable. La durée totale de la crépitation ne dépassait pas une demi-seconde, comprenant en moyenne 6 à 8 coups successifs; le bruit était comparable à celui d'une allumette suédoise frottée sur la boîte. Quelquefois, mais très rarement, on n'entendait qu'un seul coup sec; une ou deux fois, des coups très intenses, comparables aux décharges d'une forte bouteille de Leyde.

Dans un Mémoire lu à l'Académie des sciences de Paris, dans la séance du 21 août 1826, et publié dans le tome XXXIII des *Annales de chimie et de physique*, p. 62

à 75, je disais (page 74) : « Pendant un orage qui eut « lieu à quelque distance de Paris, mon galvanomètre « eut des déviations qui atteignirent jusqu'à 18°, quoi- « que l'on n'aperçût aucun nuage au-dessus de l'Obser- « vatoire jusqu'à 30° du zénith ; » et dans le *Traité de Physique* de M. Péclet, 2me édit. 1832, tome II, p. 224, on trouve une note sur mes expériences où il est dit : « Dans les moments d'orage, l'aiguille du galvanomètre « de M. Colladon est dans un mouvement continuel ; cha- « que éclair est immédiatement suivi, *parfois même pré- « cédé*, d'un changement subit dans le sens de la dévia- « tion, ou d'un accroissement brusque. Dans quelques « cas la déviation passe instantanément du maximum po- « sitif au maximum négatif ou inversement ; ces effets se « continuent encore quand les éclairs sont éloignés de « deux ou trois lieues, pourvu que l'air soit très humide « et le ciel couvert de nuages. »

Je suis heureux de voir que M. R. Thury a confirmé en quelque sorte ces anciennes observations et en a peut-être beaucoup étendu la portée par son intéressante étude sur les sons que le téléphone fait entendre sous l'action d'éclairs éloignés, action due à un courant électrique produit sous l'influence de la décharge. Il me semble probable que ces bruits téléphoniques doivent surtout se faire entendre lorsque l'atmosphère est surchargée d'humidité ; dans ce cas sa conductibilité électrique devient si grande pour les hautes tensions, que les grandes variations transmettent leur influence, d'une manière invisible et presque instantanée à quelques lieues de distance.

Les électriciens qui ont étudié les phénomènes atmosphériques savent quelle remarquable variété d'éclairs on peut observer en temps d'orage ; j'en ai cité plusieurs

exemples dans un mémoire publié en 1879[1]. Les expériences au moyen du téléphone offrent une méthode très facile pour étudier les effets d'induction produits par ces éclairs et mesurer la vitesse de transmission de ces influences jusqu'à de grandes distances.

M. le prof. Thury m'écrit le 22 septembre « qu'il a « pu, pendant que le violent orage électrique de la veille « sévissait sur le canton de Vaud, étudier les bruits du « téléphone et leur correspondance en temps avec l'ap- « parition des éclairs.

« Il n'a pu reconnaître aucun intervalle entre la vue « de l'éclair et le bruit du téléphone.

« Ce bruit est une crépitation composée depuis 3 jus- « qu'à 10 ou 12 coups dont la durée totale n'excède pas « une demi-seconde. En observant simultanément les « bruits du téléphone et le reflet des éclairs sur une « maison, il a reconnu que chacun de ces éclairs se com- « posait d'une succession très rapide de jets de lumière « qui répondent bien exactement aux crépitations élé- « mentaires entendues dans le téléphone. »

Il serait intéressant de comparer les effets produits sur deux téléphones dont les fils seraient isolés du sol pour l'un, et en bonne communication métallique avec la terre humide pour l'autre.

On peut aussi se demander si la direction de ces fils a de l'influence et ce que deviennent les bruits du téléphone pour certains éclairs exceptionnels, par exemple ceux en boule, ceux qui foudroient le sol, etc.

[1] Contribution à l'étude de la grêle : *Archives des Sciences phys. et nat.*, juillet 1879, t. II, p. 8.

DÉVIATIONS DE LA FOUDRE

DANS

UNE CAMPAGNE SITUÉE AUX ENVIRONS DE GENÈVE

PAR

M. Daniel COLLADON

(Note lue à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 1er septembre 1881.)

Je me suis souvent demandé quelle influence les conduites d'eau et de gaz placées sous le sol et communiquant avec les habitations de ville et de campagne, les clôtures en fer et les fils télégraphiques, téléphoniques, ou autres, qui passent près des maisons peuvent exercer sur le nombre moyen des chutes de foudre sur ces habitations.

C'est un fait reconnu qu'à Genève, la ville principale, placée au bord du Rhône, sur une colline haute de 25 à 30 mètres au-dessus du Lac, et qui a une cathédrale et des maisons de plusieurs étages privées de paratonnerres, ni la cathédrale, ni les maisons, ni les arbres des terrasses élevées de Saint-Antoine et de la Treille ne sont frappés de la foudre, tandis que les maisons et les arbres des quartiers bas le sont assez fréquemment, fait contraire à l'opinion générale que les édifices élevés sont plus souvent frappés de la foudre.

Jusqu'au milieu de ce siècle on pouvait expliquer en

partie cette anomalie en disant que les bases de ces édifices placées sur un sol sablonneux élevé, étaient en quelque sorte isolées électriquement, tandis que les parties basses plus voisines du Rhône, du lac, ou des sources, recevaient plus facilement l'influence des nuages orageux.

Depuis près d'un tiers de siècle, toutes les rues de la ville haute sur la rive gauche du fleuve sont sillonnées de conduites d'eau et de gaz en communication directe avec les bords du Rhône, et le plus grand nombre de leurs maisons reçoivent des embranchements métalliques pour amener dans leur intérieur le gaz et l'eau.

Malgré ces facilités offertes aux communications électriques, l'expérience de ces quelques années semble prouver que cette singulière immunité de la ville haute a persisté.

On peut faire la même remarque pour les campagnes des environs de Genève : celles par exemple qui sont situées sur le coteau de Cologny entre 70 et 118 mètres au-dessus du niveau du lac, quoiqu'elles possèdent en abondance des arbres de très grande taille et d'essences diverses, sont bien moins exposées aux coups de foudre que d'autres campagnes situées à une hauteur moindre, où les sources sont plus fréquentes et plus abondantes.

Depuis quelques années, ces campagnes élevées reçoivent presque toutes de l'eau du lac ou de la rivière d'Arve par des conduites métalliques, sans que les chutes de foudre soient devenues plus fréquentes.

Des faits, assez nombreux, prouvent cependant d'autre part que les conduites en fer fondu ou étiré et même de simples fils métalliques, peuvent exercer une influence puissante pour dévier la foudre et porter sur des points fort éloignés des quantités considérables d'électricité. J'en

ai cité un exemple remarquable dans une notice publiée en 1872 dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, t. XXI, 2me partie, p. 583. La foudre, après avoir frappé et démoli une toiture, a suivi quatre fils de fer sur une des façades de la maison et le long d'un mur de jardin, d'où elle s'est répandue sur une vigne placée au delà, en laissant de fortes traces sur plus de deux mille ceps de vigne.

Il n'est donc pas indifférent de placer d'une manière quelconque dans les campagnes, dans les bourgs ou les villes, des clôtures en fer, des conduites d'eau ou de gaz, des fils télégraphiques ou téléphoniques, ni même des palissades, fort à la mode aujourd'hui, composées de lattes minces reliées entre elles par quelques fils de fer zingués ou étamés.

Le fait très récent que je vais citer avec quelques détails, est une nouvelle preuve de cette puissance de dérivation que de simples fils de fer peuvent exercer sur la marche suivie par la foudre.

M. Jérôme, agent de change à Genève, possède une campagne située entre la route montante de Champel et le chemin des Philosophes. Le long de la route montante sa propriété est clôturée par une palissade CC (voyez Pl. II, fig. 1), haute de $1^m,30$, formée de lattes en bois de chataîgnier reliées entre elles par trois rangées de fil de fer zingué et verni; chaque rangée se compose de deux fils de $0^m,002$ de diamètre, le rang le plus élevé est à 1 mètre du sol, le second à $0^m,65$ et le troisième à $0^m,30$.

Du même côté, de gros ormeaux bordent le trottoir de la route, et leurs troncs sont presque en contact avec cette palissade.

En outre, une conduite de gaz en fer fondu FF de

$0^m,06$ de diamètre est placée sous le sol du chemin R, à trois mètres de distance de la palissade susdite.

De cette conduite F de la route part une dérivation de gaz par un tuyau de fer étiré EE de $0^m,027$ de diamètre qui passe sous le milieu du portail D, traverse la cour, et éclaire plusieurs chambres de la maison de maîtres MM distante de 20 mètres du portail.

A 25 mètres en aval du portail D et à $2^m,60$ à l'intérieur de la palissade, s'élève, au-dessus des autres arbres, un peuplier de Caroline A, haut de 28 mètres, dont le tronc, près du sol, a 1 mètre de diamètre[1].

La foudre est tombée vers 4 h. du matin, le 24 août, sur les branches hautes de ce peuplier; ce sommet a très peu souffert, mais à 8 ou 9 mètres plus bas, au commencement du tronc, elle a enlevé sur plusieurs mètres de longueur d'énormes éclats qui représentent à peu près le tiers ou le quart du volume de ce tronc supérieur.

A la hauteur des grosses branches de l'ormeau, les blessures disparaissent sur le peuplier, le courant électrique s'est transporté sur l'arbre B, dont trois maîtresses branches sont sillonnées chacune sur environ 8 à 10 mètres de longueur par des plaies continues où la totalité de l'écorce et quelques portions d'aubier ont été enlevées sur une largeur constante de $0^m,12$ à $0^m,15$.

Les plaies de l'ormeau se réunissent plus bas en une seule qui descend verticalement sur le tronc principal, *du côté de la palissade*. Cette plaie cesse tout à coup exacte-

[1] Les branches supérieures de ce peuplier recouvrent celles d'un ormeau B qui borde le trottoir. Le tronc de cet ormeau a $0^m,49$ de diamètre sur $2^m,30$ de hauteur totale ; il se divise ensuite en deux fortes branches de $0^m,29$ et $0^m,35$ de diamètre qui s'élèvent jusqu'à 18 ou 20 mètres du sol et s'étalent sous les branches du peuplier de Caroline.

ment vis-à-vis la liaison métallique supérieure, dont les deux fils de fer dévernis portent des traces de fusion et ont été rompus en plusieurs points.

Une très grande partie de la décharge a passé dans ce rang supérieur des fils de fer de la palissade CC, qui l'a dirigée vers le portail D. Les deux fils de fer dont ce premier rang est composé ont suffi pour conduire jusqu'au pilier *d* du portail, un courant d'une grande énergie, puisqu'il a enlevé deux gros éclats à ce pilier en roche et que les gonds de la moitié attenante de ce portail en fer ont été partiellement descellés.

Sous le milieu du portail, le sol a été creusé à $0^m,15$ ou $0^m,18$ de profondeur exactement au-dessus du tube en fer étiré EE qui traverse la cour pour conduire le gaz à la maison d'habitation.

On n'a trouvé aucune trace de dégâts sérieux causés par la foudre, soit à l'intérieur de la maison M, soit aux conduites de gaz et au compteur, soit aux appareils, lustres et consoles. L'éclairage s'est très bien comporté le lendemain et les recherches les plus minutieuses n'ont révélé aucune fuite.

Cependant le plafond du salon S du rez-de-chaussée porte à son centre une trace bizarre du passage de la foudre, trace qui se dirige vers une grande porte extérieure qui de ce salon s'ouvre sur la face Nord-Ouest de la maison.

Au centre de ce plafond est fixée une grande rosace de $1^m,25$ de diamètre, en carton-pâte, dont le milieu supporte un lustre à gaz.

Cette rosace G, fig. 2, dans la contexture de laquelle entre un réseau de fils de fer de un millimètre de diamètre, est en partie brisée et noircie sur un secteur à

partir de son centre jusqu'à son extrémité $x\,x$ du côté de la porte extérieure du salon.

Les fils de fer, rompus en plusieurs points, portent des marques d'un réchauffement intense, tout à fait semblables à celles qu'on observe sur la rangée supérieure des fils de fer de la palissade ; on y distingue plusieurs globules brillants et de nombreuses traces de fusion dont quelques-unes sont fort bizarres. (Voir l'explication de la planche à la fin de la notice.)

Les plaques noires charbonneuses, qui couvrent un secteur de cette rosace et qui se continuent sur le plâtre du plafond jusqu'à $0^{m},12$ ou $0^{m},15$ au delà, montrent d'une manière évidente qu'un puissant courant électrique s'est dirigé de cette rosace vers la porte extérieure placée au Nord-Ouest du salon. Les fibres végétales et la gélatine qui entrent dans la composition du carton-pâte ont dû être décomposées et auront fourni les vapeurs charbonneuses projetées par le courant sur le secteur Nord-Ouest de la rosace et sur la partie contiguë du plafond [1].

La chambre à manger placée à gauche du salon porte aussi, au centre de son plafond, une rosace en carton-pâte du milieu de laquelle descend un lustre à gaz. Cette rosace ne présente ni taches ni dégradations.

Quelles peuvent être les causes qui ont attiré sur la rosace du salon une décharge aussi intense, lorsque toutes les autres parties de la maison et même la canalisation

[1] Dans les installations d'appareils pour le gaz et pour l'eau, à la campagne et surtout dans les localités exposées aux coups de foudre, on devrait placer près du compteur ou des conduites, une forte tige métallique prolongée dans une fosse remplie de braise et aboutissant à l'eau d'un puits ou d'une mare ; on doit surtout les mettre en contact avec la tige d'un paratonnerre, s'il en existe.

du gaz et les appareils ne décèlent aucune trace du passage de la foudre ?

Ces causes paraissent être les suivantes :

Le mur extérieur du salon S forme une saillie (voy. la planche) au-dessus de laquelle est un grand balcon, où la pluie, chassée par un vent du Sud-Ouest, peut pénétrer facilement. Le pourtour de ce balcon est bordé par une barrière en fer *h*HH*h* et un petit chéneau métallique, et dans chacun des angles rentrants est une descente métallique *hh* qui conduit au dessous du sol les eaux de pluie. Enfin le mur extérieur du salon porte plusieurs fils de fer servant à fixer des plantes grimpantes.

Ces traces au plafond du salon S sont les dernières laissées par la foudre dans le long trajet que je viens de décrire, mais quelques autres faits démontrent que l'influence de la décharge s'est faite sentir sur plusieurs arbustes voisins du peuplier et de la palissade, les feuilles de la plupart ont été atteintes et colorées en brun par le courant électrique.

Un fil de fer horizontal I I, placé à 3 mètres environ au-dessus du sol, ayant 9 à 10 mètres de longueur, est attaché à deux arbustes peu élevés ; sur ce fil de fer court une poulie à laquelle est fixée une petite chaînette *i* servant à attacher un chien de garde dont la cahutte est représentée en K.

Au moment du foudroiement, le chien a fait entendre des hurlements de douleur et la plaque de son collier a disparu ; le fil de fer I I avait donc reçu par influence une forte secousse électrique.

Le fil de fer LL′ qui, du portail, va aboutir à une cloche extérieure fixée à l'angle Est de la maison, a dû aussi conduire une partie du courant vers la maison, mais il n'a pas laissé de traces visibles extérieures.

P est un puits profond de 40 mètres dans lequel on descend un sceau à puiser à l'aide d'un treuil et d'une corde. Les marronniers qui entourent ce puits ne présentent pas de traces visibles de foudroiement.

Les lettres NN montrent l'emplacement qu'occupaient deux grands saules pleureurs foudroyés il y a plusieurs années et qui n'existent plus.

RÉSUMÉ

Les traces visibles laissées par la foudre nous permettent de suivre le trajet véritablement extraordinaire du courant principal, dont on n'aurait pu deviner à l'avance les bizarres péripéties.

La foudre a frappé d'abord l'arbre le plus élevé A ; au lieu de le suivre pour se perdre dans le sol humide, elle a passé en totalité sur les branches d'un ormeau B, selon toute probabilité parce que cet ormeau subissait l'influence des fils de fer de la palissade, distante seulement de quelques centimètres du tronc principal de B. Le courant électrique a passé presque en totalité sur les fils de fer du rang supérieur, mais il n'a suivi ces fils que du seul côté S. O., celui qui se dirige vers le portail D, sous lequel passe, dans le sol, la conduite de gaz EE en fer étiré. Ce courant a passé de la palissade dans le portail en fer en brisant des fragments de piliers et en descellant une de ses portes ; du portail il a passé dans la conduite en fer étiré en laissant une cavité creusée dans le sol.

De là il a évidemment dû se diviser en deux courants : l'un qui aura suivi la conduite en fer fondu FF de la route R, laquelle, dans un terrain très sec, n'a pas suffi à l'écouler totalement, l'autre a parcouru toute la canalisa-

tion secondaire, ou l'appareillage de la maison ; il s'est ensuite dirigé, sans altérer aucun tube, sur la rosace du salon et ses fils de fer, et de là par le plafond, sur la façade Nord-Ouest du salon où une forte barrière extérieure HH communique avec le sol par les deux descentes *h h*, qui ont facilité son écoulement dans la terre humide.

Les faits mentionnés ci-dessus montrent les effets bizarres et étendus d'induction ou de déviations qui peuvent résulter d'un coup de foudre intense. Ils confirment cette opinion que j'ai émise et motivée par des faits nombreux dans des notices antérieures, savoir : Que la foudre ne frappe pas en général un point isolé initial d'un arbre, mais qu'elle s'étale comme une vaste nappe foudroyante qui se répand en partie sur les arbres ou les arbustes très voisins.

Ces faits démontrent aussi qu'il n'est pas indifférent de placer d'une manière quelconque près des lieux habités les clôtures en fer, ou dans lesquelles entrent des fils de fer.

Ce sont surtout les fils télégraphiques ou téléphoniques qui peuvent offrir pour une habitation ou pour des locaux destinés à des réunions en plein air des dangers que l'on devra prévenir par une disposition judicieuse.

Ainsi, par exemple, quand ces fils sont fixés à une toiture ou au mur d'une habitation, il sera prudent d'exiger que toutes les parties de ces fils voisines de l'habitation, jusqu'à plusieurs mètres en deçà et au delà, aient une section double ou triple de la section moyenne, afin de diminuer considérablement les chances de décharge latérale. La même règle servirait pour l'établissement de fils télégraphiques qui passeraient au-dessus d'un lieu de réunion en plein air.

Les poteaux télégraphiques en fer, usités dans plusieurs parties de l'Angleterre et de la Suisse, ont à ce point de vue un avantage incontestable, surtout s'ils pénètrent dans le sol à une certaine profondeur.

Les poteaux en bois sont des conducteurs trop imparfaits, lors même qu'ils sont mouillés, pour décharger complètement un fil télégraphique foudroyé. Dans ce cas, plusieurs poteaux successifs portent ordinairement des traces du passage de l'électricité dans le sol.

M. Eug. Risler, professeur d'agronomie à Paris, a communiqué à la Société de Physique de Genève, l'observation suivante : « Un coup de foudre a frappé à la « fois cinq poteaux télégraphiques le long d'une route. « La plaie faite par la foudre était un sillon qui, chez les « trois premiers et le cinquième, était en spirale [1], faisant « quatre ou cinq fois le tour des poteaux. Le quatrième, « abrité par un frêne, avait été relativement protégé et « présentait un sillon droit. L'écartement de ces poteaux « était d'environ 30 mètres [2]. »

[1] Dans un mémoire publié en 1872 sur les effets de la foudre sur les arbres (*Mémoires de la Société de Physique de Genève*, t. XXI, 2me partie), j'ai cité plusieurs faits qui montrent que le courant électrique suit la direction des fibres végétales, qui est aussi celle de la longueur des cellules. Dans plusieurs essences d'arbres, ces fibres ont souvent une direction en spirale. On peut voir à l'Exposition d'électricité, à Paris, division de la Suisse, des reliefs moulés sur les plaies d'un chêne foudroyé où cette direction est manifeste.

[2] Au moment où s'achève l'impression de cette note, je reçois de M. le professeur Ch. Montigny, de l'Académie royale de Belgique, une notice très intéressante sur les effets de la foudre sur les arbres placés près d'un fil télégraphique. Les faits qu'il a observés sur plusieurs kilomètres de la route de Rochefort à Dinant bordée de grands peupliers de Canada, sont très probants sur l'influence des fils télégraphiques qui passent à environ un mètre du tronc de ces arbres pour attirer ou conduire la foudre. Il y a 3 ou

La *Revue industrielle* de Paris du 3 août 1881 reproduit, p. 305, le fait cité par un journal américain d'un téléphone installé par M. Osborne entre sa maison d'habitation et sa fabrique ; pendant un orage, à chaque éclair la sonnerie se mettait en mouvement et au bout de quelques moments un éclair brillant pénétrait dans la maison et produisait de nombreux dégâts, le fil du téléphone était fondu, sa boîte, une glace voisine étaient mis en pièces, etc.

Ces accidents pourraient être prévenus par des dispositions convenables, comme celles usitées dans les bureaux télégraphiques.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

La figure 1 représente le plan de la campagne.

La figure 2 représente à une échelle de $^1/_{25}$ la rosace G, foudroyée dans le secteur placé entre le tuyau d'arrivée du gaz et les bords Nord-Ouest *xxx* de cette rosace, ainsi que les dépôts charbonneux qui noircissent ce secteur et s'étendent un peu au delà sur le plafond en indiquant que le courant électrique s'est dirigé vers la porte extérieure s'ouvrant sur la face Nord-Ouest du salon.

Les très nombreux fils de fer, d'un millimètre de diamètre, qui forment la carcasse intérieure de la rosace, ont été en partie mis à nu et portés à une température voisine de celle de la fusion du fer, car leur surface porte de nombreuses marques de fusion, peut-être même de volatilisation ; il n'est donc pas surprenant qu'ils aient décomposé les parties de carton pâte avec lesquels ils étaient en contact, volatilisé et déposé sur le plafond, et sur les fragments restants de la rosace, la poussière de charbon qui les noircit.

La surface de ces fils de fer mise à nu présente de nombreux globules de fer fondu adhérents à cette surface, quelques cavités et

4 ans, pendant un violent orage, une vingtaine d'arbres furent atteints par la foudre et plusieurs poteaux télégraphiques détruits, etc. Ce mémoire contient plusieurs faits curieux analysés avec soin et sera lu avec intérêt par les administrations télégraphiques.

des excoriations. Ces globules et ces excoriations ne sont pas noircies : elles ont au contraire une surface très brillante, d'aspect métallique, comparable à celle de l'argent ou de l'acier poli.

La figure 3 représente avec un grossissement quadruple en diamètre, un fait intéressant que présentent deux de ces fils de fer.

Le premier yy' a été rompu par la décharge et son extrémité y' paraît avoir été fondue ; immédiatement au-dessous de y' et presque au contact, passe un autre fil de fer continu $zz'z$: la partie z' placée immédiatement à côté de y' a été creusée et cette cavité, en forme d'écuelle, longue d'un peu plus d'un millimètre, a une profondeur des deux tiers environ du diamètre du fil $zz'z$. L'extrémité fondue y' et la cavité z' ont ce brillant métallique décrit ci-dessus.

J'ai prié mon collègue, M. le professeur M. Thury, dont la grande habileté pour les observations microscopiques est connue, d'examiner à un fort grossissement les parties rendues brillantes par l'action de la foudre. Voici ce qu'il m'a écrit à ce sujet :

« L'examen attentif au microscope du fragment de fil de fer foudroyé m'a convaincu que j'avais sous les yeux, non une surface métallique proprement dite, mais celle d'un oxyde de fer, probablement l'oxyde magnétique Fe^3O^4 dont l'éclat est presque métallique. J'ai mis sur du papier buvard entretenu mouillé du fil de fer brillant ordinaire et le petit fragment que vous m'avez laissé : le premier s'est rouillé, tandis que le petit fragment au bout de plusieurs jours ne présente aucune trace de rouille ou d'oxyde rouge, ce qui semble prouver que ce petit fragment brillant est protégé par un recouvrement de fer oxydé à éclat métallique. »

SOIXANTE-QUATRIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

AARAU

Les 8, 9, et 10 août 1881

Le dimanche 7 août 1881, les membres de la Société helvétique des sciences naturelles, au nombre de 150 environ, se sont réunis à Aarau pour la 64me session annuelle, sous la présidence de M. le professeur Mühlberg. C'est la quatrième fois (1823, 1835, 1850) que cette petite cité, coquettement posée au bord de l'Aar, nous reçoit dans ses murs. La Société s'est en outre réunie en 1867 à Rheinfelden, dans le même canton. Tous ceux qui ont répondu cette année à l'appel de la section argovienne ont remporté le meilleur souvenir de cette ville peu considérable, mais remarquable par le développement industriel qui la distingue. Nous n'avons qu'à rappeler ici la fabrique d'instruments de précision de M. Kern, la taillerie de diamants de M. de Büren, etc. Tous ces établissements nous ont été libéralement ouverts pendant notre séjour à Aarau.

Rappelons brièvement le programme de la session :

Le dimanche 7 août après midi eurent lieu les réunions préparatoires des délégués des sections cantonales et des commissions spéciales.

Le lundi 8, à 9 heures du matin, la Société tint sa première assemblée générale sous la présidence de M. le prof. Mühlberg, qui lut un discours d'ouverture, consacré spécialement aux progrès récents de la physiologie et de la chimie. Nous n'avons pas à analyser ici ce travail, qui paraîtra *in extenso* dans les *Actes* de la Société. Après avoir voté sur l'admission de nouveaux membres, la Société a entendu différentes communications de MM. Forel de Morges, Rothpletz de Zurich, Keller de Zurich, Victor Fatio de Genève[1].

Le mardi 9, à 8 heures du matin, les sections se sont réunies en séances spéciales dans les différentes salles du collège et ces séances ont occupé toute la matinée. Elles n'ont été interrompues que par le charmant intermède de déjeuners offerts aux différentes sections par des habitants d'Aarau, sous les ombrages de leurs jardins. Mentionnons enfin, les courses à Schinznach et au château d'Hapsbourg, ainsi que les promenades à l'Alpenzeiger.

L'Assemblée générale du mardi 10 a été principalement administrative. La prochaine session a été fixée à Linththal, dans le canton de Glaris. La Société a encore entendu une communication de M. Raoul Pictet, sur la rectification des alcools. La fête s'est continuée ce jour-là et a été terminée par un dernier banquet. La session a été encore complétée pour les géologues par des excursions dans le canton d'Argovie.

Nous ne terminerons pas cette revue rapide de la

[1] Voir plus loin aux communications des sections.

64me session sans exprimer ici au Comité annuel, et principalement à M. le président Mühlberg, à M. le Dr Suter, secrétaire général, à M. H. Custer, trésorier de la Société; au Comité de fête, à M. le Dr Stählin, son président, à M. Tanner, maire d'Aarau, notre vive reconnaissance pour leur chaleureux et sympathique accueil.

Nous allons maintenant passer en revue les communications scientifiques faites, soit dans les assemblées générales, soit dans les sections, en rappelant ici qu'elles sont en général reproduites d'après les notes fournies par les auteurs eux-mêmes.

Physique et Chimie.

M. F.-A. Forel, de Morges, a présenté à la première assemblée générale son étude sur les variations périodiques des glaciers. Il décrit la période actuelle, si remarquable par la retraite générale de tous les glaciers des Alpes; cette retraite a commencé successivement pour les divers glaciers qui, les uns après les autres, se sont mis à reculer leur front, les premiers vers 1840, le dernier, le glacier de l'Unteraar, vers 1871. Cette période de retraite prend fin et, les uns après les autres, les glaciers recommencent à croître. On peut citer comme étant dans ce cas les Bossons, la Brenva, le Trient, Cigiovenove, le Schäligletscher (sur Tœsch), Giétroz et probablement les Bris et Argentière.

Les variations de longueur ont pour cause immédiate des variations périodiques dans la vitesse d'écoulement, laquelle, au front même du glacier, est tantôt nulle, tantôt considérable. Ces variations de vitesse sont dues à des variations correspondantes dans l'épaisseur du gla-

cier. Celles-ci ont une double origine. Tout d'abord des variations dans l'alimentation, le névé étant tantôt plus, tantôt moins épais. Les variations de cette origine, fort petites à la partie supérieure du glacier, s'exagèrent dans toute sa longueur, par l'effet des réactions réciproques de la vitesse d'écoulement sur la valeur de l'ablation, et de l'ablation sur la vitesse. Une cause secondaire est la valeur variable de l'ablation par suite des variations dans la température des étés; cette cause a une importance probablement secondaire, car ne se faisant sentir d'une manière puissante qu'à la partie inférieure du glacier, son action ne s'accumule pas et ne s'exagère pas comme celle des variations dans l'alimentation.

La période de retraite actuelle doit être attribuée à la coïncidence d'un déficit de neige dans les névés, déficit datant peut-être de 40 à 60 ans en arrière, et d'une série d'été chauds ayant fait fondre trop considérablement les glaciers pendant les vingt dernières années [1].

M. RAOUL PICTET a fait dans la seconde assemblée générale une communication sur *la Distillation et la Rectification des Alcools par l'emploi rationnel des basses températures* [2].

La rectification des alcools est une opération des plus complexes, elle vise plusieurs résultats simultanément :

L'alcool provenant de la fermentation des grains, du sucre, et en général de toute matière amidonnée, contient une foule innombrable de produits divers; on peut les classer sous quatre chefs principaux :

1° Essences empyreumatiques, caractérisant la provenance de l'alcool. Ces essences sont des huiles à odeur puissante qui infectent la masse totale des flegmes;

[1] V. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1881, tome VI, p. 4.

[2] Voir l'article paru dans les *Archives*, n° du 15 avril 1881.

2° Une quantité considérable d'eau ;

3° Une certaine quantité d'alcool pur ;

4° Une proportion variable de substances volatiles composées en majeure partie d'éthers, d'alcools divers et de corps encore mal définis, provenant de l'action de l'oxygène de l'air sur les flegmes. Ces derniers corps altèrent la qualité des alcools avec un *timbre de goût* tout différent des huiles essentielles.

La rectification a pour objet de sortir le n° 3 tout seul, c'est-à-dire d'extraire l'alcool pur en le débarrassant des huiles, de l'eau et des éthers et alcools étrangers.

L'industrie ne réalise jamais cette opération d'une manière absolument complète.

Tous les appareils rectificateurs fonctionnant aujourd'hui sont basés sur l'emploi des hautes températures variant entre 78° $^1/_2$ et 100 degrés. La condensation et la vaporisation successives des vapeurs qui sortent des flegmes, opèrent dans les *colonnes rectificatrices* une séparation partielle de ces liquides et l'on reçoit successivement comme produit de la rectification :

1° des alcools *mauvais goût de tête*, contenant la plupart des éthers et des alcools impurs ;

2° le *ventre* ou alcool fin ;

3° la *queue*, ou alcools compromis par des proportions notables d'huiles empyreumatiques.

L'industrie ne connaît qu'un moyen pour obtenir des produits excellents : diminuer le *ventre* au profit de la *tête* et de la *queue*, c'est-à-dire diminuer la quantité d'alcool fin sorti d'une même masse de flegmes et faire un grand nombre de distillations successives.

De là les frais considérables de rectification qui donnent aux alcools fins une plus-value très importante parfaitement motivée.

Ajoutons en passant que l'action toxique des alcools du commerce est en grande partie causée par la présence des huiles essentielles, de l'alcool amylique et des éthers; l'alcool absolument pur étant innocent relativement à ces autres corps.

Pourquoi les appareils actuels ne peuvent-ils pas donner de bons résultats pour la rectification des alcools? Parce qu'ils sont limités par la température à laquelle ils doivent opérer. Entre 78 et 100 degrés, la tension des vapeurs de tous les liquides mélangés dans les flegmes est considérable pour chacun d'eux; ils passent donc tous en certaines proportions dans le travail de la rectification.

M. Pictet a été amené par l'examen de la question théorique concernant la séparation des liquides mélangés aux lois suivantes :

a. *Pour une température quelconque, la tension maxima des vapeurs d'un mélange d'eau et d'alcool est toujours comprise entre celle de l'eau pure et celle de l'alcool pur.*

b. *La tension des vapeurs d'un mélange d'eau et d'alcool se rapproche d'autant plus de la tension de l'alcool que le titre du mélange est plus élevé, et réciproquement, si c'est l'eau qui est en excès, la tension des vapeurs se rapproche de la tension des vapeurs d'eau.*

c. *Les courbes des tensions maxima des vapeurs formées par tous les mélanges d'alcool et d'eau sont représentées par la même formule générale, dont un facteur seulement est fonction du titre de la solution alcoolique.*

Il résulte donc de ces lois que l'on peut déterminer avec la plus grande exactitude le titre d'une solution contenant de l'alcool et de l'eau, si l'on connaît la tension des vapeurs qu'elle émet à une certaine température.

Ces indications sont confirmées par l'alcoomètre centésimal.

d. *La qualité des vapeurs émises par un mélange d'eau et d'alcool varie suivant le titre de la solution, mais n'est pas en rapport simple avec ce titre.*

e. *La qualité des vapeurs émises par un mélange défini d'eau et d'alcool varie suivant la température.*

f. *Pour une même solution d'alcool et d'eau, c'est aux basses températures que les vapeurs émises par le mélange contiennent la plus forte proportion d'alcool.*

g. *Plus la température s'élève, plus les tensions des deux liquides tendent à s'égaliser.*

Il résulte de toutes les lois physiques précitées qu'en disposant convenablement des tensions des vapeurs d'un mélange d'eau et d'alcool, et de la température du liquide, on pourra obtenir *un liquide au titre voulu* par la condensation de ces vapeurs.

Nous avons également trouvé les relations suivantes :

Si l'on introduit un liquide volatil dans un appareil composé de deux ballons réunis par une large communication, et si l'on maintient ces deux ballons à des températures différentes, *après avoir purgé d'air tout l'instrument,* le liquide distille du ballon le plus chaud dans le ballon le plus froid et l'on constate :

h. *Le poids du liquide qui distille dans l'unité de temps augmente avec l'écart de température entre les deux ballons.*

i. *Le poids du liquide qui distille dans l'unité de temps est constant pour un même écart de température entre les deux ballons, quelle que soit du reste la température absolue des ballons.*

k. *Le poids du liquide distillé dans l'unité de temps est proportionnel aux surfaces actives des ballons, c'est-à-dire*

aux surfaces qui sont le siège du passage de chaleur à travers leur épaisseur,

1. *La moindre trace de gaz étranger aux vapeurs laissé dans l'appareil perturbe entièrement les lois précédentes et gêne considérablement la distillation, surtout aux températures basses.*

Ainsi, de l'eau distillant entre 100° et 60° passera avec la même vitesse que de l'eau distillant entre 40° et 0°. La température absolue est complètement sans influence, à condition de se débarrasser de toute trace d'air ou de gaz étranger.

Ainsi, pour opérer la rectification de l'alcool, il suffit de provoquer son ébullition à de très basses températures et d'entretenir cette ébullition sans changer ces températures une fois obtenues.

C'est exactement ces deux conditions que M. Pictet a remplies dans les appareils qu'il a fait installer dans l'usine de la rue des Immeubles-Industriels à Paris.

Ils réalisent par leur dispositif un système mécanique permettant la rectification des alcools jusqu'à des températures atteignant 40 et même 50 degrés de froid.

Ils vérifient expérimentalement par leur marche les déductions théoriques qui précèdent.

Une grande chaudière reçoit les flegmes provenant des distilleries des campagnes avoisinant l'usine.

On peut même introduire directement dans cette chaudière les *vinasses* ou les *moûts*, c'est-à-dire les liquides tels qu'on les obtient par la fermentation alcoolique.

Au-dessus de cette chaudière s'élève une *colonne à rectification,* composée de plateaux superposés déversant les uns sur les autres.

La colonne à rectification est surmontée d'un conden-

seur tubulaire servant à provoquer la rétrogradation de la première condensation opérée par un courant d'eau alimenté par le réservoir qui est placé au-dessus.

A la sortie de ce condenseur, les vapeurs qui ont échappé à la condensation passent dans un réfrigérant où elles sont totalement condensées par un courant d'eau suffisant qui se rend au réservoir supérieur.

Les premiers produits obtenus contiennent des éthers, des alcools impurs, que l'on appelle *goûts de tête*, et on les loge dans un réservoir. La manœuvre des robinets donne à ce service une grande simplicité.

Lorsque les premiers produits sont introduits dans le réservoir, on constate par la dégustation que les bons goûts passent et on envoie le liquide produit dans une deuxième chaudière.

Une vanne, commandée par une vis à pas très fin, établit la communication entre le réfrigérant et la seconde chaudière. On verra plus loin l'office de cette vanne.

Cette première rectification se fait dans le vide, car un système de conduits métalliques relie tout l'appareil à une pompe pneumatique. On peut donc régler d'avance la température à laquelle les liquides entreront en ébullition dans la première chaudière.

Suivant la nature des produits à rectifier, on marchera avec un vide plus ou moins considérable. C'est la pratique seule qui guidera le distillateur dans cette voie.

On reçoit des produits *bon goût* dans la chaudière n° 2, et là les liquides sont soumis à l'action d'un vide presque absolu. Ainsi que nous l'avons dit, leur température s'abaisse immédiatement et spontanément. Les vapeurs qui sortent de ce liquide contiennent presque uniquement de l'alcool pur.

Les autres substances qui ont passé dans la première distillation n'émettent plus de vapeurs aux températures comprises entre 10 degrés de froid et 5 degrés de chaud, indiquées par un thermomètre plongeant dans la chaudière n° 2.

Ces vapeurs, purifiées par cette ébullition à basse température, montent dans une seconde colonne à rectification qui aboutit au réfrigérant, rempli d'anhydride sulfureux liquide. Ce réfrigérant est semblable à ceux que M. Pictet emploie dans ses appareils frigorifiques à *anhydride sulfureux.*

Sous l'action d'une pompe spéciale, ce liquide produit et maintient une température constante de 25 à 50 degrés de froid dans ce réfrigérant.

Les vapeurs d'alcool s'y condensent à cette basse température et l'alcool liquide froid s'écoule dans la partie inférieure du réfrigérant.

Grâce à un robinet de retour, une partie de ce liquide retombe sur les plateaux de la colonne et descend en sens inverse des vapeurs qui montent. L'autre partie du liquide obtenu s'écoule dans un réservoir, au début de l'opération et dans le réservoir bon goût, pendant tout le reste de la rectification.

La machine à glace entretient à elle toute seule les deux opérations.

En effet, l'échappement de la machine à vapeur qui actionne la pompe à anhydride sulfureux est dirigé dans un serpentin qui circule dans la première chaudière et le réfrigérant de la machine frigorifique entretient la seconde rectification provoquée au-dessous de la température ambiante, rectification qui, par ce fait, se produit sans nécessiter aucune combustion de charbon. Il suffit de faire

passer dans le serpentin de la chaudière le courant d'eau qui sort du condenseur de la machine frigorifique.

On a donc deux résultats, deux opérations semblables, toutes deux alimentées par le jeu d'une seule machine. De plus, ces deux opérations se font *dans le vide*, et on sait que, dans ces conditions, elles se produisent à plus basses températures. Par ce fait également le poids de l'eau que l'on doit évaporer diminue d'autant.

Or, 1 kilogramme d'eau demande 636 calories pour passer de l'état liquide à l'état gazeux, tandis que 1 kilogramme d'alcool n'exige que 230 calories pour se vaporiser.

Ainsi, tout abaissement de température dans la rectification a pour corollaire immédiat une importante économie de combustible, justifiée par la diminution du *rayonnement* et par la moindre quantité d'eau à distiller.

Entre la chaudière où l'on maintient une température voisine de 50 à 60 degrés de chaud, et le réfrigérant à anhydride sulfureux où l'on obtient facilement de 30 à 40 degrés de froid, on dispose d'un écart de température de près de 100 degrés, différence gigantesque, comparée à celle dont on peut se servir dans les appareils ordinaires. Grâce à ce facteur puissant, maniable à volonté, on peut retirer directement de l'appareil des alcools marquant 98 et 99 degrés à l'alcoomètre centésimal.

Ces résultats sont inabordables par les moyens usuels.

Nous avons constaté également qu'aux basses températures, l'ébullition de l'alcool est aussi active que près de 100 degrés.

Pour un même écart de température entre la chaudière et le réfrigérant, le poids d'alcool qui distille dans une heure est constant.

Ainsi, par le jeu de la vanne, il est facile de laisser passer dans la seconde chaudière tout le liquide condensé dans le premier réfrigérant. On alimente exactement la seconde rectification, qui se fait sous un vide plus complet. Cette vanne a donc pour mission de laisser passer le liquide et de couper cependant la pression, de manière à établir une double cascade de température dans tout l'appareil; de 60 degrés à 20 degrés dans la première opération, de 0 à 40 degrés de froid dans la seconde.

Le réglage de cette vanne est extrêmement facile, à cause de la vis qui la commande.

Pour résumer les avantages commerciaux que ces procédés apportent, nous dirons qu'ils réalisent les desiderata suivants :

1° Avec les frais *d'une seule distillation*, on a fait d'un seul coup distillation et rectification, donc *une seule dépense* pour *deux résultats;*

2° Avec *une opération* à basse température, on obtient des produits presque impossibles à avoir, même par un *nombre indéfini* de rectifications à haute température, la température ayant une *valeur intrinsèque* dans l'opération. De là économie importante dans le prix de la rectification;

3° Les alcools obtenus *sont sains* et peuvent sans danger être mis dans le commerce;

4° La qualité supérieure donne à ces alcools une plus-value qu'il est difficile de chiffrer, mais qui est très notable;

5° Toute l'opération se faisant en vase clos, les déchets sont *absolument nuls;* ils représentent 5 °/₀ d'économie sur les procédés ordinaires;

6° Pour la même raison, les dangers d'incendie sont presque nuls;

7° La manutention de l'usine et le service se font entièrement par la pression des gaz, il n'y a que des robinets à tourner pour faire toutes les manœuvres intérieures, vider et remplir les tonneaux, etc., etc. De là économie de personnel.

M. Krippendorff, d'Aarau, parle dans la section de physique de ses expériences *sur un ballon dirigeable.* Il emploie pour diriger son ballon la réaction que l'air comprimé produit en s'échappant du vase qui le contient. Si, par exemple, après avoir gonflé un ballon de caoutchouc, on le livre à lui-même en laissant son col ouvert, il se produira au point diamétralement opposé à l'ouverture une pression unilatérale d'où résultera le déplacement du ballon. L'appareil, au moyen duquel M. Krippendorff effectue l'expérience en petit se compose d'une tige en bois léger de 30 centimètres suspendue à un ballon de 50 centimètres de diamètre en gaze collodionnée (fabriquée par MM. Frey et Ce, à Aarau) que l'on remplit d'hydrogène. A l'une des extrémités de l'axe est fixée, par l'intermédiaire d'un simple bouchon de liége, une plume qui sert de gouvernail et que l'on peut incliner comme on veut. A l'autre bout, un ballon propulseur en caoutchouc est relié par son col à un tube de verre effilé. Ce tube est fixé parallèlement à l'axe et au-dessous au moyen d'un second bouchon qu'il traverse. Enfin l'axe est pourvu de centimètre en centimètre de petits trous permettant d'y suspendre la nacelle au point que l'on veut et à donner par là, à l'axe et au tube propulseur qui lui est parallèle, une direction horizontale ou inclinée en avant ou en arrière suivant l'effet que l'on veut obtenir. On équilibre enfin la force ascensionnelle du ballon en mettant quelques grains de grenaille dans la nacelle. Si

maintenant on ouvre le ballon d'air comprimé, l'appareil se met en marche et on peut faire les expériences suivantes:

I. Axe horizontal et ballon en équilibre.

Suivant la position du gouvernail, le ballon va droit devant lui horizontalement, ou prend un mouvement circulaire dans un sens ou dans l'autre.

II. Axe dirigé en haut et ballon un peu trop lourd.

Malgré cet excès de poids, le ballon monte droit devant lui et en décrivant une spirale.

III. Axe dirigé en bas et ballon trop léger.

Le ballon descend malgré sa force ascensionnelle et décrit une spirale à droite et à gauche, suivant l'inclinaison donnée au gouvernail.

Pour exécuter l'expérience en grand, il faudra d'abord que la nacelle suspendue au moyen de roulettes puisse facilement se déplacer le long de l'axe au gré de ceux qui le montent.

Le fond de la nacelle contiendrait un récipient léger en cuivre dans lequel 4 à 6 hommes comprimeraient constamment de l'air au moyen d'une pompe placée au-dessous. Un robinet à l'extrémité de la nacelle permettrait de régler l'écoulement. Il serait possible ainsi de diriger le ballon par un temps calme. Mais cette force serait insuffisante dans un air un peu agité ; aussi placerait-on dans la nacelle un second récipient plus petit et plus fort contenant de l'acide carbonique liquide en quantité aussi grande que possible et qu'on pourrait ouvrir en cas de besoin. On arriverait par ce procédé à lutter contre un vent léger. Il est probable que les ballons, par leur nature même, seront toujours impossibles à diriger contre un vent violent ; mais ce serait déjà un progrès que de

leur donner une direction déterminée dans des circonstances favorables.

M. L. Soret entretient la Section des recherches qu'il a entreprises, avec M. Ed. Sarasin, sur la polarisation rotatoire du quartz. Une partie des résultats qu'ils ont obtenus a été déjà publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* — Leur travail *in extenso* sera d'ailleurs prochainement publié. — M. Soret se borne donc à deux points.

L'un est relatif à un procédé nouveau pour la détermination de l'angle de rotation. M. von Lang a soulevé une critique contre la méthode Broch, à laquelle il reproche que les deux mesures sur lesquelles cette détermination est basée ne sont pas comparables. Pour l'une, on a l'extinction de tous les rayons du spectre; pour l'autre, on cherche à amener une bande noire d'interférence en coïncidence avec une raie du spectre. — M. von Lang a indiqué un procédé pour éviter cette différence; mais le procédé serait difficilement applicable pour les rayons ultra-violets. — MM. Soret et Sarasin ont employé un autre procédé qui consiste à placer d'abord entre le polariseur et l'analyseur un quartz d'une certaine épaisseur (30^{mm} et gauche) on mesure l'angle pour lequel on a coïncidence entre une bande et une raie donnée; puis on ajoute un second quartz d'épaisseur double et de rotation contraire (60^{mm} et droit). L'apparence générale du spectre n'a pas changé; mais, pour amener la coïncidence de la bande avec la même raie, il faut tourner le polariseur d'un certain angle, d'où l'on déduit facilement l'angle de rotation.

MM. Soret et Sarasin sont arrivés par ce procédé aux mêmes chiffres que par l'ancienne méthode : ce qui

s'explique facilement parce que la mesure de la position du plan primitif de polarisation s'effectue avec une grande précision, et que la principale cause d'erreur, qui limite l'exactitude des déterminations, est la difficulté du pointage du réticule sur une raie.

En deuxième lieu, M. Soret présente le trait d'une courbe représentant la loi suivant laquelle le pouvoir rotatoire du quartz pris comme ordonnée varie avec la longueur d'onde prise comme abscisse, courbe calculée, d'après la formule de M. Boltzmann, à trois termes. On voit qu'elle s'accorde bien avec le résultat des expériences, et cela presque dans les limites d'exactitude de la détermination des longueurs d'onde. Cependant la régularité du sens des différences entre le calcul et l'observation, semble montrer qu'il faudrait calculer une formule à quatre termes; ce que feront MM. Soret et Sarasin, lorsqu'ils auront achevé de discuter et de contrôler leurs observations.

M. le Prof. Amsler-Laffon de Schaffhouse décrit un microtéléphone d'une disposition nouvelle imaginée par lui et par M. le D[r] Alf. Amsler son fils. Cet appareil repose essentiellement sur l'introduction dans le circuit d'une pile électrique d'un téléphone ordinaire (modèle Siemens) et d'une flamme de gaz dont la conductibilité est augmentée par l'introduction de vapeurs de potassium. Avant d'arriver à la flamme le gaz traverse une boîte manométrique analogue à celle employée par le D[r] Kœnig. La membrane qu'elle porte et qui consiste en une lamelle d'acier étant mise en vibration la flamme elle même affecte un mouvement oscillatoire absolument concordant. Chaque modification dans la forme et la grandeur de la flamme, mo-

difie sa résistance électrique et par conséquent aussi l'intensité du courant qui la traverse. Par suite de ces variations du courant la plaque du téléphone affecte un mouvement vibratoire synchrone de celui de la membrane d'acier. Les variations que subit la conductibilité électrique de la flamme sont très grandes, cet appareil est donc très approprié pour l'emploi du téléphone à de grandes distances. A une grande intensité des sons, il allie une très grande netteté, les vibrations de la flamme donnant une image parfaitement fidèle des vibrations acoustiques de la boîte manométrique.

M. le professeur Forster, de Berne, traite de la transformation de la lumière intermittente en son. On sait que le sélénium cristallisé a la propriété de changer de conductibilité électrique lorsqu'il est exposé à la lumière ; M. Siemens a basé sur ce fait la construction d'un photomètre. Si l'on introduit dans le circuit d'une pile de 4 à 6 éléments de Bunsen un tube de sélénium et un téléphone il se produira des oscillations dans l'intensité du courant, si le sélénium est exposé à l'action d'un rayon de lumière intermittent. Ces oscillations de l'intensité du courant auront pour effet que la lame de fer du téléphone sera tantôt plus, tantôt moins attirée et prendra par conséquent un mouvement vibratoire synchrone, produisant un son d'autant plus élevé que les intermittences du rayon lumineux seront plus rapides. Ce n'est qu'en dernier lieu qu'on est parvenu à obtenir des tubes de sélénium dont la conductibilité varie notablement avec les variations de la lumière. M. Forster a opéré avec un tube de sélénium provenant de chez M. G. Lorenz, à Chemnitz, dont la résistance mesure dans l'obscurité 1621 ohmades, à la lumière 1049 ohmades. La lumière employée était celle

du magnésium, son action sur le tube de sélénium était rendue intermittente par l'interposition d'une roue dentée en carton, mue plus ou moins rapidement. Le courant d'une batterie de 4 éléments de Bunsen passait par le tube de sélénium et le téléphone, on percevait alors dans ce dernier un son musical d'autant plus élevé que le mouvement de rotation de la roue était plus rapide. M. Forster ajoute quelques mots sur la théorie du photophone.

M. Raoul Pictet, expose la *Théorie d'un bateau rapide.* On sait que tous les bateaux, quelle que soit leur forme, flottent d'après le principe d'Archimède : ils déplacent tous un volume d'eau tel que le poids de ce volume d'eau est rigoureusement égal au poids du bateau.

La vitesse plus ou moins grande dont ils sont animés ne modifie que d'une manière insignifiante le volume d'eau déplacé.

La résistance que les bateaux rencontrent à se mouvoir dans l'eau augmente comme le carré des vitesses ; d'où l'on peut conclure qu'elle provient presque exclusivement des masses d'eau mises en mouvement par la surface extérieure de la carène ; les frottements de l'eau dus à *sa viscosité* peuvent être considérés comme relativement peu considérables comparativement aux masses d'eau déplacées à l'avant et à l'arrière du bateau.

Pour préciser le problème, prenons un bateau quelconque et faisons passer un plan par la section du *maître-couple.* En prenant pour origine le *milieu du pont* du bateau dans cette section, nous appellerons *axe des* X la droite horizontale passant par l'origine dirigée vers la proue du bateau, axe des Y la droite horizontale perpendiculaire à l'axe des X allant de bâbord à tribord et axe

des Z la droite verticale passant par l'origine dirigée à *fond de cale.*

La surface de la carène du bateau pourra se représenter par une fonction de x, y, z, ce sera une surface continue affectant d'une manière générale la forme d'un ellipsoïde allongé.

Les coefficients numériques de x, y et z *ne peuvent jamais être nuls,* car le bateau se réduirait à un plan ou à une droite, donc toutes les parties élémentaires de la surface comprises entre le maître-couple et la proue et entre le maître-couple et la poupe donneront une *valeur numérique* pour l'angle qu'elles font avec l'axe des X, direction dans laquelle s'effectue le mouvement de translation du bateau.

La quille (si elle est parallèle à l'axe des X) et la section du maître-couple font seules exception, car ces éléments de surface sont parallèles à l'axe des X.

Toutes les masses d'eau en contact avec la surface extérieure de la carène reçoivent des accélérations qui sont proportionnelles au *sinus de ces angles* et à la *vitesse du bateau.*

Entre le maître-couple et la proue, la pression sur chaque élément de surface pendant le mouvement est *positive;* entre le maître-couple et la poupe, la pression est *négative,* c'est-à-dire que la poussée de l'eau contre les flancs du bateau tend à *augmenter* à l'*avant* et à *diminuer* à l'*arrière* lorsque le bateau passe du repos à une vitesse quelconque.

Si l'équation du bateau F (x, y, z) est donnée et si l'on connaît la valeur des masses d'eau mises en mouvement en fonction des surfaces, il suffit d'intégrer la *différentielle de la résistance* en un point quelconque de

la carène entre les limites de x, d'y et de z pour avoir l'*intégrale totale*, soit la valeur numérique qui représente la résistance absolue de l'eau à la marche du bateau. Les limites numériques d'x, d'y et de z sont la longueur du bateau, sa largeur et son tirant d'eau.

Cette intégrale aura des valeurs *numériques variables* suivant l'équation de la carène.

Le problème de la construction d'un *bateau rapide* est donc ramené à certaines conditions dont voici les essentielles :

1° *Il faut que le volume dont l'équation* F (x, y, z) *est la surface extérieure (au-dessous de la ligne d'eau) soit égal à* T, *le tonnage voulu.*

2° *Il faut que l'intégrale de la surface élémentaire, multipliée par le sinus de l'angle fait par l'élément de surface avec l'axe des* X *soit minimum.*

3° *Il faut que la résultante de l'action mécanique de l'eau contre la carène soit* MAXIMUM *dans la direction opposée à la pesanteur et* MINIMUM *dans toutes les autres directions.*

4° *Il faut que la machine propulsive soit calculée de telle sorte que l'effort en* KILOGRAMMES *qu'elle peut exercer soit supérieur à l'intégrale de la résistance de l'eau pour la* VITESSE MINIMUM *que l'on veut atteindre.*

La puissance de la machine *en kilogrammètres* dépendra de la vitesse obtenue en dehors de cette *vitesse minimum* qui sert de base au calcul de la carène.

Ces principales conditions traduites par l'analyse montrent qu'il n'y a qu'*une seule forme de bateau* qui les satisfasse toutes.

Cette forme a comme caractéristique les trois traits suivants :

Si nous appelons *lignes d'eau*, les lignes que marqueraient contre la carène toutes les petites masses d'eau qui la touchent lorsque le bateau est en marche et qu'elles passent de l'avant à l'arrière, nous trouvons :

1° *Que toutes les lignes d'eau doivent être contenues dans les plans parallèles au plan des* XZ.

2° *Que la réunion des lignes d'eau forme une surface développable plane dans le sens des* XY *et parabolique dans la direction des* XZ.

3° *Toutes les lignes d'eau ont la même équation d'une même parabole; le sommet est à l'avant du bateau et la concavité de la parabole est dirigée vers le bas, c'est-à-dire vers le fond de l'eau.*

Les paramètres de l'équation de la parabole sont fonction du tonnage du bateau, de sa longueur, de sa largeur et de la *vitesse minimum* que l'on veut atteindre.

Appelant ces paramètres α et μ, l'équation peut s'écrire :

$$y = \mu x + \frac{1}{2} \alpha x^2 + \frac{\mu}{2} \left[\frac{1}{3} \alpha^2 x^3 + \alpha \mu x^2 + \mu x \right]$$

On voit par là que le bateau est large, relativement plat et que le fond reçoit de l'eau une poussée de bas en haut qui est constamment opposée à la pesanteur. Il résulte de ces conditions que si l'on passe de l'équation statique à l'équation dynamique, lorsque le bateau est soumis à l'action de son propulseur, nous pouvons représenter le phénomène au moyen de deux variables indépendantes en principe rendues solidaires par les relations que nous venons d'établir, ce sont : d'une part *la vitesse du bateau*, d'autre part le *travail en kilogrammètres* de la machine propulsive correspondant à la vitesse du bateau.

La courbe qui se trace par ce moyen est très caractéristique, elle présente deux points d'inflexion assez brusques.

On voit d'abord que, pour les faibles vitesses, *le travail* croît proportionnellement aux *cubes des vitesses,* mais à mesure que les vitesses augmentent, la réaction de l'eau oblige le bateau à sortir un peu de l'eau, ce qui diminue la somme des résistances; le travail ne croît plus que comme le carré des vitesses, puis seulement proportionnellement aux vitesses. Enfin le bateau atteint la *vitesse minimum* pour laquelle il a été calculé, l'effort de l'eau augmente si rapidement, passé une certaine limite, que le bateau se soulève et se maintient presque à la surface de l'eau en la rasant. Pour une différence de vitesse de 1 mètre par seconde, ce changement se produit.

On voit alors que le travail du propulseur *tombe tout à coup à son minimum,* la courbe s'infléchit brusquement et descend vivement jusqu'à son minimum. A partir de ce point les résistances passives, de l'air, de l'eau, des frottements, augmentant constamment, la courbe se relève en fonction de la vitesse du bateau.

Ce qui caractérise l'équation dynamique qui relie la vitesse du bateau au travail correspondant de la machine, c'est que sa dérivée s'annulle pour la *vitesse minimum* que l'on veut atteindre. C'est en égalant à 0 cette dérivée que l'on obtient les équations de conditions pour la détermination numérique des paramètres α et μ.

La construction graphique de cette courbe montre que, dans de certaines limites, 3 vitesses différentes correspondent au même travail de la machine propulsive :

Un vitesse relativement faible (première période).

Une vitesse plus considérale, instable et difficile à

maintenir constante vu l'énorme influence des moindres variations.

Une vitesse supérieure à la *vitesse minimum voulue* (deuxième période).

Telles sont les conséquences directes tirées de l'analyse lorsqu'on aborde la construction des bateaux avec l'intention de leur donner le maximum de vélocité.

Il est évident que les paramètres employés demandent une *détermination expérimentale* pour être absolument exacts ; la théorie est impuissante à les donner de toutes pièces, cependant les études faites avec les hélices des grands vapeurs ont fourni assez de chiffres pour que l'on puisse tenter une expérience basée sur ces considérations théoriques.

La construction d'un bateau rapide va être confiée à la *Société Genevoise de construction d'instruments de physique.*

M. Chappuis entretient la section de ses recherches sur l'absorption des gaz par les corps poreux et par les liquides. Le fait qu'un gaz, tel que l'ammoniaque et l'acide carbonique est absorbé en grande quantité par le charbon de bois et d'autres corps poreux ou par les liquides a excité, à maintes reprises, l'intérêt des physiciens.

On a pu bientôt se convaincre qu'il ne s'agissait pas d'un phénomène purement chimique, mais plutôt d'un phénomène physique, accompagné parfois seulement de quelque action chimique. Le charbon semble en effet conserver après l'absorption toutes les propriétés qu'il possédait auparavant.

Sous quelle forme le gaz absorbé est-il contenu dans le corps poreux ou dans le liquide ? Telle est la première question qui s'impose à l'esprit, à la vue des phénomènes de l'absorption.

Les physiciens admettent généralement que les parois d'un corps solide exercent sur les molécules très voisines des gaz, dont ils sont entourés, une attraction semblable à celle qui existe entre les corps solides et les liquides, et qui se manifeste dans les phénomènes capillaires. On suppose donc qu'en vertu de cette attraction les gaz absorbés sont répandus en couches très minces et de densité variable sur la surface du corps poreux.

Voici par quel moyen on a cherché à déterminer approximativement la densité des couches gazeuses qui recouvrent les parois du corps poreux après l'absorption :

Théodore de Saussure avait observé dès 1812 que l'absorption d'un gaz par le charbon est toujours accompagnée d'un dégagement de chaleur.

Ce fait va nous servir de point de départ.

La chaleur dégagée est évidemment l'effet de la condensation du gaz sur les parois du corps poreux.

Le dégagement de chaleur résultant de l'absorption d'une certaine quantité de gaz sera d'autant plus fort que la condensation sera plus énergique ou que les couches gazeuses adhérentes aux parois atteindront une densité plus considérable.

Mesurons la chaleur dégagée par l'absorption d'une certaine quantité de gaz. Comparons maintenant cette chaleur d'absorption à la chaleur produite par la liquéfaction de cette même quantité de gaz.

S'il ressort de cette comparaison que la chaleur d'absorption est plus forte que la chaleur de liquéfaction, nous conclurons que le gaz absorbé a, à températures égales, une densité supérieure à celle du même gaz à l'état liquide.

C'est ainsi qu'à la suite d'expériences concluantes,

Favre a démontré que l'acide carbonique, l'acide sulfureux et d'autres gaz, condensés à la surface des corps poreux, doivent avoir une densité plus grande que ces mêmes gaz liquéfiés.

M. Chappuis a entrepris, l'hiver dernier, sur le même sujet, une série d'expériences qui ont confirmé en tous points les résultats de Favre.

Quant à la chaleur dégagée par l'absorption d'un gaz par un liquide, elle est aussi constamment supérieure à la chaleur de liquéfaction de ce même gaz, mais elle est généralement inférieure à la chaleur d'absorption du gaz par un solide.

M. Chappuis rappelle d'ailleurs que la force élastique (tension) des vapeurs d'un mélange de deux liquides miscibles n'est jamais égale à la somme des forces élastiques des vapeurs de chacun des liquides pris séparément. Quelquefois même elle n'atteint pas la force élastique de la vapeur du liquide le plus volatil. Or, ce fait est en étroite connexion avec ce que nous observons pour les solutions gazeuses. Nous avons en effet, dans ce dernier cas, un mélange de deux liquides, dont l'un est en très grand excès, tandis que l'autre, le gaz liquéfié, n'est qu'en proportion minime. L'auteur ne croit pas qu'on ait marqué le rapport intime de ces phénomènes.

La différence entre la chaleur d'absorption et la chaleur de liquéfaction étant assez considérable, M. Chappuis a pensé qu'il serait intéressant de mesurer cette différence d'une manière directe.

Il est évident qu'on y parviendra en mettant le gaz déjà liquéfié en contact immédiat avec le corps poreux. On observera alors un dégagement de chaleur précisément égal à la différence entre la chaleur d'absorption et la chaleur de liquéfaction.

Mais quelle est la signification de la chaleur dégagée par suite de l'établissement du contact intime entre le liquide et le corps poreux? Ce dégagement de chaleur représente évidemment le travail résultant de l'adhésion du liquide aux parois du corps poreux.

Nous connaissons la compressibilité du liquide d'après les expériences de M. Colladon et de Regnault. Le volume du liquide, en contact immédiat avec le corps poreux, et subissant l'action des forces moléculaires, peut se déduire aisément de la quantité de gaz absorbée par le corps poreux. Au moyen de ces données, nous pourrons calculer d'une manière approchée la pression qu'il faudrait exercer sur le liquide pour produire un travail équivalent au dégagement de chaleur observé. Nous obtiendrons ainsi une valeur approchée de la pression sous laquelle se trouvent les couches du liquide dans le voisinage immédiat des parois du corps poreux.

Guidé par ces considérations, M. Chappuis s'est appliqué à mesurer exactement le dégagement de chaleur qui se produit lorsqu'on introduit subitement de l'eau dans un tube évacué, rempli de charbon en équilibre de température avec l'eau.

Il a employé à cet effet, ainsi que dans les expériences qu'il a déjà mentionnées, le calorimètre à glace de Bunsen.

Le tube intérieur qui reçoit le charbon est fermé à mi-hauteur par un bouchon rodé. Ce bouchon est creux; il est soudé à un tube qui conduit à la pompe à mercure de Töpler, permettant ainsi de faire le vide dans la chambre intérieure du calorimètre, où se trouve le charbon.

Par dessus le bouchon, on verse une certaine quantité d'eau et on attend que l'équilibre de température soit parfaitement établi. Puis on soulève le bouchon: l'eau se

précipite dans la chambre du calorimètre et pénètre dans les pores du charbon.

La chaleur qui se dégage alors fait fondre une certaine quantité de glace.

Le déplacement du fil de mercure dans le tube capillaire du calorimètre, résultant de la fonte de la glace dans ce dernier, sert de mesure à la chaleur dégagée.

Le dégagement de chaleur observé n'est pas aussi faible qu'on serait tenté de le croire. Ainsi, 2 grammes de charbon de bois, qui condensent environ 350^{mm} d'eau, dégagent pendant cette condensation environ 15 calories (petites).

On déduit de ces données et de la compressibilité de l'eau, que l'eau adhérente aux parois se trouverait sous une pression au moins égale à 36,000,000 d'atmosphères.

Ce chiffre immense, qui indique en quelque sorte l'ordre de grandeur des forces moléculaires, pourrait rencontrer quelques doutes. Mais qu'on songe aux résultats de la thermochimie, et l'on ne s'étonnera plus de rien!

En effet, la chaleur dégagée par la formation de la quantité d'eau ici en jeu s'élève à 150 calories, c'est-à-dire que la somme du travail fourni par les affinités chimiques de cette même quantité de matière est dix fois plus considérable que le travail fourni par l'adhésion du liquide aux parois du corps solide.

M. Henri Dufour, professeur à Lausanne, fait quelques expériences sur la chaleur rayonnante au moyen du thermomètre différentiel de démonstration dont le principe a déjà été indiqué dans les *Archives*[1].

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1880, t. IV, p. 71.

Cet appareil tel qu'il est aujourd'hui se compose de deux boules en verre de mêmes dimensions réunies par un tube de verre en forme de V, largement ouvert; ce tube contient un index de mercure à la partie inférieure. Il peut osciller autour d'un axe horizontal au-dessous duquel est le centre de gravité. Lorsque le mercure se déplace à gauche ou à droite, l'appareil s'incline. Cette inclinaison est indiquée par une aiguille qui se déplace devant un cadran.

L'une des boules est dorée, l'autre est noire. L'expérience de Ritchie démontrant l'égalité des pouvoirs émissif et absorbant, se fait très simplement comme suit: Une plaque de cuivre rouge est recouverte sur la moitié de l'une de ses faces d'une couche d'or, l'autre moitié est noircie. La plaque chauffée étant placée près des boules de telle sorte que la partie dorée soit vis-à-vis de la boule noire, et que la partie noire soit vis-à-vis de la boule dorée, l'aiguille reste immobile; elle se déplace au contraire si on retourne la plaque chauffée. Cet appareil permet de démontrer les différences entre les pouvoirs émissif et absorbant, et les différences d'athermansie des principaux corps.

M. Dufour insiste sur les applications qu'on peut faire d'appareils analogues pour différentes études. Toutes les fois qu'on peut déterminer le mouvement d'une colonne de mercure, on peut construire un appareil qui traduit par un déplacement mécanique le mouvement de cette masse pesante. En général ce déplacement est plus visible que celui de la colonne de mercure elle-même. L'auteur décrit un appareil fondé sur le même principe et permettant de montrer à un nombreux auditoire les propriétés magnétiques et diamagnétiques des liquides.

M. le D[r] ROBERT WEBER traite de la représentation par projection des vibrations longitudinales et transversales. Tous ceux qui enseignent la physique expérimentale savent combien il est désirable d'avoir un moyen qui permette de représenter aussi bien que possible ce qui caractérise et les vibrations longitudinales et les vibrations transversales, servant ainsi à mieux faire comprendre les parties respectives de l'acoustique et de l'optique.

Partant de la simple corde ou d'un tuyau en caoutchouc qu'on agite à la main, plusieurs essais ont été faits et plusieurs machines ont été construites pour rendre visibles ces mouvements. L'auteur ne fait que citer les principales dont il a connaissance en énumérant la machine de M. Plücker (construite par Fessel), l'appareil de M. Mach, la machine de Wheatstone, celle proposée par Crova, et celle de Gerling qui est de beaucoup la plus compliquée. — Le meilleur de ces appareils est celui de M. Mach. Il permet de reproduire (l'une après l'autre) plusieurs ondes différentes en longueur et en amplitude, et aussi bien des ondes longitudinales que des ondes transversales.

Le grand nombre des combinaisons proposées, toutes différentes, me semble prouver deux choses, savoir que le besoin d'avoir un appareil à ondes est général, et qu'aucun des appareils ne correspond assez bien à ce que l'enseignement demande.

Deux choses caractéristiques doivent être reproduites par un appareil de ce genre : 1° la *forme* de l'onde, c'est-à-dire la position respective des particules en mouvement se trouvant en ligne droite à l'état de repos, et cela à un instant quelconque ; 2° le *mouvement* de l'onde, c'est-à-dire la suite de toutes ces positions pour les moments successifs, et de sorte que chaque particule vibrante exécute

son mouvement caractéristique rectiligne, soit perpendiculaire, soit suivant la direction de propagation de l'onde.

Pour l'enseignement et pour une conception plus facile et plus complète il est utile, en outre, de pouvoir représenter à la fois plusieurs ondes. Par là on fait mieux ressortir soit leur différence, soit leur résultante.

L'appareil que M. Weber propose serait un appareil accessoire de tout appareil de projection (Duboscq, Ganz). Il n'a que les dimensions d'un des longs cadres qui portent ordinairement les images à projeter, savoir 10 centimètres de hauteur, 1,5 centimètres d'épaisseur, et environ 20 à 40 centimètres de longueur.

Quant à la représentation des *vibrations transversales* il propose les cinq tableaux suivants:

Un tableau représentant trois ondes différentes, l'une au-dessus de l'autre, caractérisant l'amplitude et la longueur d'onde. La première onde avec une amplitude $= a$, un longueur d'onde $= \lambda$; la deuxième ayant $2a$ et λ, et la troisième $2a$ et 2λ.

Un tableau avec quatre ondes différentes, ayant toutes la même amplitude et des longueurs d'ondes qui soient dans les rapports 1 : 1, 5 : 4, 3 : 2, 2 : 1.

Un tableau qui donne deux ondes résultantes (et leurs composantes): La résultante de deux vibrations dont les longueurs d'ondes sont dans le rapport de 1 : 5. — La résultante de deux ondes presque identiques, (voir Pl. III, fig. 1 et 2).

Deux tableaux d'interférences avec déplacement des ondes de $\frac{\lambda}{8}$, de $\frac{2\lambda}{8}$, et de $\frac{3\lambda}{8}$ et $\frac{4\lambda}{8}$, (fig. 3 et 4).

Ces dessins sont à faire sur une plaque en verre (laiton), de sorte que le tout est opaque à l'exception des

sinusoïdes. La plaque est mobile dans le cadre et dans le sens suivant lequel les ondes avancent. Une seconde plaque en verre (laiton), à dimensions plus petites, est fixée au même cadre. Cette plaque forme un réseau à tiges perpendiculaires à la direction de l'onde. Les lignes opaques et transparentes ont la même largeur que les sinusoïdes. Par cela, l'onde sera représentée par des points dans une position quelconque. Il suffit de projeter la la partie de la longue plaque qui se meut devant cette plaque fixe pour produire par illusion l'impression d'une vibration transversale.

Pour représenter les *vibrations longitudinales,* encore par projection, il faut un arrangement différent. En se proposant de représenter les vibrations d'un gaz enfermé dans une colonne (tuyau d'orgue), on peut faire comme suit: Sur une plaque en verre (mica) de 8 centimètres sur 20 centimètres, on ne laisse transparent qu'une bande de environ 1 centimètre de large; et, sur cette bande, on fait une série de condensations et de dilatations qui ne sont pas trop prononcées (fig. 5). On les obtient le mieux en photographiant sur verre un dessin d'une telle onde soigneusement exécuté sur du papier blanc. Évidemment on peut faire plusieurs ondes à la fois sur une même plaque, et on peut leur donner des longueurs différentes. Deux de ces plaques, tout à fait identiques, sont ensuite placées l'une derrière l'autre. Le simple mouvement de l'une ou des deux (en sens contraire) plaques suffit alors pour produire sur l'écran par projection l'image d'une onde longitudinale, fixe ou autre. Ainsi on représente facilement sur un même tableau les ondes qui correspondent au son fondamental, à sa quinté et à son octave.

Il est encore possible de représenter les *interférences sonores* dans leurs différentes phases en employant quatre plaques à la fois, pouvant être liées deux à deux ensemble, parce qu'elles ont à faire le même mouvement. La figure 6 donne une section de l'arrangement des quatres plaques (en mica). La figure laisse en blanc les places des ondes et en noir ce qui doit être opaque. Les plaques I et II ont à leur partie supérieure, par exemple, en A et B, chacune deux séries de ces condensations et dilatations, toutes identiques. Elles représentent par là une même onde en A et en B. De même les plaques III et IV représentent une même onde en B et en C. Ces ondes sont encore les mêmes que celles données par les plaques I et II. Suivant la position des plaques III et IV, par rapport à I et II, l'onde C sera la même et à la même phase que l'onde A,— ou non. Si oui, alors en B se trouvera la résultante qui sera à la même phase que A et C; si non, la résultante en B sera toujours différente de A et de C, et pour une certaine position de A et C on aura interférence complète.

Pour qu'un même appareil puisse montrer tous les degrés d'interférence il faut donc encore, outre le grand mouvement de II et IV devant I et II, des vis qui permettent de déplacer III devant I, et également IV devant II, jusqu'à un intervalle d'une demi-longueur d'onde.

M. Raoul Pictet donne lecture d'une *étude comparative de différentes qualités d'acier au point de vue de leur aimantation et de la permanence de leur pouvoir magnétique* [1].

Ce travail ayant déjà paru *in extenso* dans les *Archives* nous ne le reproduirons pas ici.

[1] Voir l'article des *Archives*, n° du 15 août 1881.

M. Ch. Dufour, professeur à Morges, parle de la déformation que les images produites sur de grandes étendues d'eau subissent par suite de la rondeur de la terre. Les images qui se font à la surface des lacs lorsque l'eau est très tranquille et que le rayon lumineux en rase à peu près la surface ne se font pas sur un plan mais sur une surface convexe, à cause de la rondeur de la terre qui, en pareil cas, n'est pas négligeable.

L'image, au lieu de paraître dans ce cas égale à l'objet lui-même est assez déprimée dans le sens vertical pour être parfois méconnaissable. Tel est le cas du clocher de Montreux vu depuis Morges, tel est encore le cas des barques et de leurs voiles, lorsqu'elles sont à quelques kilomètres et que l'œil est peu élevé au-dessus du niveau de l'eau.

Le calcul relatif à cette question ne peut être fait ici ; il faut déterminer le lieu de l'image du sommet d'un objet et celui de son bord, en tenant compte de la rondeur de la terre ; et l'on voit alors combien cette image paraît plus petite que l'objet lui-même.

J'étais arrivé à ces conclusions par le calcul, mais je croyais que l'observation ne pourrait jamais être faite, parce que je supposais que jamais le lac ne serait assez calme sur une étendue suffisamment grande. Lorsqu'un jour mon ami M. Forel vint m'avertir que ces images étaient visibles, et en effet elles paraissaient exactement comme l'indiquait le calcul ; de façon que ceci constitue une nouvelle et excellente preuve de la rondeur de la terre. Dès lors, j'ai pu m'assurer fréquemment que les jours pendant lesquels cette observation est possible, ne sont pas aussi rares que je croyais ; car il arrive souvent que sur le lac Léman on peut voir ainsi les images dé-

primées surtout si l'on a une lunette à sa disposition. Après avoir regardé un moment, *on voit la rondeur de la terre, aussi bien que l'on voit celle d'une boule que l'on tient à la main* ; c'est une observation qu'il vaut la peine de faire si l'on est dans le voisinage d'un lac d'une étendue suffisante.

M. F.-A. Forel, de Morges, membre de la commission seismologique, étudie les observations qui lui ont été adressées sur les tremblements de terre sentis récemment dans les cantons de Vaud et de Neuchâtel, et en particulier sur celui du 22 juillet 1881. Il constate les faits suivants qui caractérisent certains tremblements de terre :

1° Les secousses sont en général composées d'un grand nombre d'oscillations successives, jusqu'à 6, 8, 10 et 12.

2° L'intensité de la secousse est très différente dans des points très rapprochés dans l'aire d'ébranlement. Ces différences d'intensité ne viennent pas uniquement de la nature du sol sous-jacent, car les points de repos et ceux de grande agitation ne sont pas les mêmes dans les divers tremblements de terre.

3° La direction de la secousse varie considérablement entre des points très rapprochés dans l'aire d'ébranlement. Ici la secousse est verticale, là elle est horizontale; dans les localités où elle est horizontale le plan d'oscillation varie suivant tous les points de la rose des vents. Elle est souvent indiquée dans des directions perpendiculaires l'une à l'autre, dans deux villages voisins, dans deux rues de la même ville, dans deux maisons de la même rue. Les faits à l'appui sont tirés non seulement d'observations subjectives, impression de la personne

secouée, mais encore d'observations objectives, objets matériels déplacés; ils sont trop précis et trop nombreux pour être attribués à des erreurs d'observation ou d'interprétation, ils expriment la réalité du fait.

4° Il y a une différence considérable dans l'amplitude de l'oscillation du sol et dans la valeur du déplacement des objets mobiles. Les seismographes signalent pour les très faibles secousses de notre sol un déplacement n'atteignant pas le plus souvent un millimètre; et nous sommes d'accord en cela avec les excellentes observations de la Société seismologique du Japon. Au contraire les objets mobiles, tableaux, suspensions, meubles, etc., sont déplacés de plusieurs centimètres; des dormeurs sont jetés à bas de leur lit.

5° L'onde seismique se propage dans les roches avec la même vitesse que l'onde sonore : quand on entend le roulement souterrain du tremblement de terre, le son est en général simultané ou presque simultané avec la secousse.

En réunissant ces divers faits, M. Forel y voit des analogies avec ceux d'une plaque vibrante, expérience de Chladni. Les corps légers déposés sur la plaque métallique mise en vibration sont en repos ou en agitation suivant qu'ils sont sur un nœud ou sur un ventre d'oscillation ; suivant le point du ventre d'oscillation ils sont projetés dans un sens ou dans l'autre; ils subissent enfin des mouvements beaucoup plus considérables que ceux des molécules de la plaque vibrante. Sans vouloir pousser trop loin les analogies, il semble que ce soient des phénomènes du même ordre.

M. J. Piccard, professeur à l'Université de Bâle, empêché d'assister personnellement à la réunion, présente à la section de chimie, par l'intermédiaire obligeant de

M. Liechti, une communication : Sur la détermination du tartre et de l'acide tartrique dans les vins du commerce.

Depuis que la question de la falsification des substances alimentaires est à l'ordre du jour, la détermination du tartre et de l'acide tartrique dans les vins du commerce, acquiert une importance de plus en plus considérable pour la chimie légale et hygiénique. Pour juger d'un vin, il ne suffit plus, comme cela n'arrive que trop souvent encore, de doser l'alcool, l'acidité totale, le résidu solide et la cendre; car il est par trop facile au fabricant de vins de composer de toutes pièces une marchandise répondant aux exigences de ces quatre rubriques; par contre, il se heurte à des difficultés pratiques dès qu'il veut imiter la composition naturelle du résidu solide et de l'acidité. Il suffit, quant au dernier point, de rappeler l'emploi considérable de glycérine qui se fait aujourd'hui dans ce but et la méthode classique de M. Pasteur pour sa détermination. Deux autres chimistes français, MM. Berthelot et Fleurier, nous ont fourni des données non moins précieuses sur la nature de l'acidité des vins. Dans les vins naturels, l'acidité n'est due que pour une moitié environ à des corps chimiques bien définis : au tartre et aux acides tartrique libre, succinique et acétique; pour l'autre moitié, elle est causée par des acides chimiquement peu connus, partant difficiles à imiter. Le fabricant de vins a souvent recours, il est vrai, à des produits naturels, tels que le jus de fruits, le tamarin, etc., ce qui n'est qu'une demi-fraude; mais très souvent aussi à l'aide d'acide tartrique pur, dont l'innocuité est pour le moins contestable. Un vin de raisins mûrs, d'une acidité totale de 5 à 6 pour mille et d'une force alcoolique moyenne, ne doit contenir, outre le tartre dans une proportion d'environ 2 gr. par litre,

qu'une quantité fort minime d'acide tartrique libre, un demi-gramme, souvent moins ou point du tout. Une proportion plus considérable, 2-3-4 grammes, par exemple (quand elle ne provient pas d'un manque de maturité facilement reconnaissable à une acidité totale exceptionnellement haute, de 10-15 pour mille, et à un degré alcoolique très faible), trahit sûrement une addition intentionnelle. — L'enquête judiciaire l'a maintes fois prouvé. Une expérience de cinq années, s'étendant à un millier de vins, a amené M. Piccard à faire d'une manière régulière dans son laboratoire de Bâle la détermination du tartre et de l'acide tartrique libre et à leur vouer une attention spéciale.

Ce n'est point ici le lieu de passer en revue les différentes méthodes qui ont été proposées et dont quelques-unes — la détermination du tartre par l'alcalinité de la cendre, par exemple, — doivent, être complètement abandonnées. Elles céderont le pas à celle de MM. Berthelot et Fleurier. Cette méthode consiste, pour le tartre, à mélanger 10 centimètres cubes de vin avec 25 centim. d'alcool et autant d'éther, à filtrer au bout de 24 heures et à titrer le précipité cristallin par la baryte caustique avec une correction de + 2 milligr. pour le tartre resté en dissolution. Pour l'acide tartrique libre, MM. Berthelot et Fleurier prennent d'abord 50 centim. de vin dont ils neutralisent la cinquième partie avec de la potasse caustique, puis après avoir mesuré le volume du tout, ils en prennent le cinquième, correspondant à 10 centim. cubes du vin à l'origine, pour opérer le mélange avec l'éther-alcool. La différence entre les deux dosages correspond à l'acide tartrique libre.

Cette méthode, incontestablement ingénieuse et exacte

pour des vins naturels, entre les mains d'expérimentateurs clairvoyants, est susceptible pour l'analyse courante des vins du commerce, de divers perfectionnements. Et tout d'abord, si 24 heures suffisent parfois à la séparation du tartre, ce laps de temps ne suffit pas toujours. Nous disposons d'un nombre considérable de déterminations comparatives qui ont donné souvent des résultats inattendus. *La cristallisation du tartre est excessivement capricieuse.* Sur dix essais simultanés faits dans des conditions identiques, il peut arriver que neuf concordent et que le dixième ne fournisse pas un seul cristal de tartre ; il peut aussi arriver qu'un seul soit juste et que tous les autres donnent trop peu ou rien du tout. Une première condition essentielle est de prolonger à 3 fois 24 heures la cristallisation.

Une deuxième condition, tout aussi essentielle, est d'accélérer la cristallisation mécaniquement; on peut, si l'on veut, frotter les parois du vase avec un bâton de verre; mais je trouve infiniment plus commode et plus sûr d'ajouter dès l'abord une pincée de gros sable de quartz bien grenu et anguleux (préalablement lavé à l'acide) et de remuer quelquefois tous les jours.

Enfin, une troisième condition pour obtenir des résultats comparables, c'est d'opérer toujours à la même température. L'auteur utilise pour cela à Bâle, été et hiver, une armoire à glace, ce qui ne dispense nullement de l'addition de 2 milligrammes de tartre, soit 0,2 pour mille. Il recommande chaudement ces trois précautions à tous les chimistes qui s'occupent de l'analyse des vins.

Quant à la détermination de l'acide tartrique libre, un calcul fort simple prouve que, si les données de MM. Berthelot et Fleurier suffisent pour des vins naturels dont

$\frac{1}{10} - \frac{1}{5}$ seulement de l'acidité totale est due à l'acide tartrique libre, elles cessent d'être justes dès que — comme c'est le cas de certains vins artificiels — la presque totalité de l'acidité est due à ce corps. On peut, en suivant trop aveuglément ces données, commettre de grossières erreurs. En outre, la manipulation proposée est inutilement compliquée.

M. Piccard procède plus simplement et plus sûrement, en prenant, comme dans le cas précédent, 10 centim. de vin, auxquels il ajoute quelques cristaux d'acétate de potasse, deux ou trois gouttes d'acide acétique, 25 cc. d'alcool, autant d'éther, puis une pincée de sable lavé à l'acide. Le tout est placé pendant 3 fois 24 heures dans l'armoire à glace, remué de temps en temps, filtré, etc., et cela parallèlement à la détermination du tartre.

Pour éviter le double emploi d'éther-alcool, l'auteur a pendant un certain temps opéré non pas simultanément, mais successivement, d'abord le dosage du tartre, puis celui de l'acide tartrique dans la même liqueur. Dans ce cas, on ne peut employer l'acétate de potasse qui se sépare volontiers en couche aqueuse; il faut ajouter à la liqueur éthérée quelques gouttes d'une dissolution alcoolique de potasse caustique, puis de l'acide acétique jusqu'à réaction franchement acide. Il a renoncé à cette économie d'éther à cause de la perte de temps qui porte l'analyse à un minimum de 6 jours.

Il va sans dire qu'il ne faut pas perdre de vue la possibilité d'une addition d'acides minéraux, oxalique et citrique.

M. le Dr F. Urech communique ses recherches sur l'action du brome sur un mélange d'eau et de sulfure de carbone:

M. Berthelot (*Ann. chim. et phys.* (3) 53, 145) avait déjà décrit un composé résultant de l'action du brome sur le sulfure de carbone en présence d'eau; l'auteur ayant eu l'occasion d'observer le même composé, s'est livré à une étude approfondie des conditions et des circonstances de sa production.

Si l'on fait réagir les trois substances dans la proportion de une molécule CS^2, huit Br^2 et huit H^2O, on n'observe pas une oxydation complète suivant l'équation :

$$CS^2+8Br^2+8H^2O=Co^2+16HBr+2SO^3$$

mais une oxydation incomplète, une partie du sulfure de carbone et du brome réagissant l'un sur l'autre pour former un composé stable et peut-être aussi des composés plus riches en brome et instables.

Ce résultat peut s'expliquer par des considérations thermochimiques. Le mode opératoire est le suivant : On introduit dans un tube gradué et terminé à un bout par une surface plane les différentes substances pesées exactement, d'abord le sulfure de carbone dans une ampoule fermée, puis l'eau et le brome. Le tube est repesé après l'introduction de chaque substance ; on est certain ainsi d'introduire exactement la quantité voulue de chaque produit. On ferme le tube à la lampe, et en la secouant on brise l'ampoule et on détermine la réaction. Celle-ci est très lente à froid ; à 44°, et en agitant fréquemment, elle exige encore deux ou trois heures. Elle s'annonce par des changements de volume des deux couches liquides contenues dans le tube ; la couche supérieure (eau de brome) augmentant de volume et devenant plus foncée par suite de la production d'acide bromhydrique et de la dissolution d'une plus grande quantité de brome, tandis

que l'inférieure diminue. La lumière facilite la réaction, elle est plus vite terminée et en même temps plus complète.

La réaction terminée, on constate que la couche supérieure renferme surtout de l'eau chargée d'acide bromhydrique avec un peu d'acide sulfurique et de brome. La couche inférieure seule renferme le composé de Berthelot avec un excès de brome. Lorsqu'on ne ferme pas le tube, la couche supérieure est plus considérable, ce qui s'explique facilement par le fait que l'acide bromhydrique peut s'échapper, et que l'eau, n'en étant pas saturée, peut servir à la formation de nouvelles quantités.

Si l'on rajoute de l'eau à la couche inférieure, l'action recommence et la couche finit par disparaître. Mais, malgré cela, l'oxydation n'est pas complète, et il reste presque la moitié du brome non transformé en acide bromhydrique. L'auteur a fait aussi une étude assez approfondie des quantités de chaleur dégagées par le mélange d'eau avec la couche supérieure ; le résultat des expériences se trouve d'accord avec les calculs thermochimiques.

Pour extraire de la couche inférieure le produit Berthelot, il est bon de le distiller au bain marie ; on peut même prendre simplement un mélange de sulfure de carbone et de brome. Le résidu exposé à l'air, en couches minces, se solidifie au bout d'un temps plus ou moins long, suivant la purification qu'on lui a fait subir. L'addition d'alcool, d'acide acétique ou d'ammoniaque facilite la production des cristaux. Les cristaux obtenus de ces différentes façons ont du reste le même point de fusion, environ 25° après cristallisation dans l'éther. Ce sont des écailles brillantes insolubles dans l'eau, mais

solubles dans le sulfure de carbone. Elles renferment 81,89 °/₀ de brome, 15,48 °/₀ de soufre et en outre du charbon.

Géologie.

Dans la première séance générale, M. le docteur Rothpletz, donne lecture d'une communication *sur le pleistocène de l'Europe centrale.*

Le manque de considération avec lequel beaucoup de géologues traitent encore le diluvium est peu justifié, maintenant qu'il est de plus en plus démontré que la connaissance des phénomènes des époques anciennes peut s'acquérir seulement par l'application des observations qui se font dans le domaine physique, chimique et organique. Puisque l'époque historique doit servir de fil conducteur pour comprendre les époques préhistoriques, il nous faudra nécessairement suivre une marche rétrograde. Il est évident que, si nous voulons étudier le passé d'une manière méthodique plutôt que de marcher au hasard, il nous faut examiner avant tout le diluvium et le pleistocène qui est en contact immédiat avec les formations actuelles. Les paléontologistes, les botanistes et les zoologistes ont, aussi bien que les géologues, à se reprocher d'en avoir longtemps négligé l'étude. Il est vrai que la position des restes organiques du pleistocène est malheureuse. Les botanistes et les zoologistes les considérant comme des espèces éteintes, les attribuaient aux paléontologistes et ceux-ci, prétendant qu'ils ne diffèrent pas ou presque pas d'espèces encore vivantes, les renvoient aux premiers. Mais cette situation intermédiaire est précisément la raison de leur importance. Si les résultats

obtenus par la paléontologie dans l'histoire du développement des organismes ne sont pas plus considérables, c'est qu'on a trop souvent voulu franchir d'un bond l'espace qui sépare le connu de l'inconnu des temps anciens, au lieu de passer par la transition toute naturelle du pleistocène. Malgré tous les travaux récents, il reste encore de grandes lacunes dans la connaissance de ce terrain. Hors de l'Europe, les États-Unis d'Amérique seuls nous ont livré quelques données un peu complètes ; en Europe, la Russie et la Turquie ne nous ont fourni que très peu de matériaux et, dans le centre de l'Europe, où les terres cultivées sont cependant en majeure partie formées de dépôts pleistocènes, la connaissance de ce terrain est relativement encore peu avancée.

Dans un mémoire sur le diluvium des environs de Paris et sa position dans le pleistocène, l'auteur a groupé autour d'une étude spéciale de ce diluvium, les principaux résultats des recherches faites sur celui de l'Europe centrale. Renvoyant à cet ouvrage pour les détails, il voudrait maintenant jeter un coup d'œil sur le pleistocène de cette région et il espère fournir aux plus sceptiques la preuve que de nombreux et intéressants matériaux sont déjà à la disposition des géologues et des paléontologistes. L'étude méthodique du pleistocène est de date relativement récente et n'a commencé qu'en 1820, lorsque Buckland divisa le chaos des terrains post-tertiaires en diluvium et alluvium. On croyait alors que le diluvium était dû au déluge dont cette hypothèse ne parvint cependant pas à rendre compte. Ce ne fut qu'en 1836 que jaillit la lumière, à la suite des recherches que fit Charpentier sur les glaciers de notre pays, lumière qui éclaira soudainement la légende même du déluge ; mais le prestige de ce

dernier était encore trop grand ; après avoir brillé d'un certain éclat, la flamme s'éteignit presque entièrement, et il n'y a que peu de temps que la nouvelle théorie prit enfin son essor définitif.

L'histoire de l'étude des glaciers diluviens est fort remarquable et instructive. Quelques hommes doués d'un coup d'œil profond et juste, ont découvert des points de vue tout nouveaux, qu'ils ont communiqués à d'autres ; mais les résultats qu'ils en espèrent sont détruits par deux partis différents : la grande masse repousse tout ce qui lui est nouveau et incompréhensible, elle veut rester fidèle aux anciennes traditions ; d'autres au contraire accueillent le nouvel enseignement avec enthousiasme, mais leur inexpérience et leur zèle excessif les rendent trop exclusifs et par là même leurs idées semblent suspectes aux personnes plus pondérées. Maintenant les opinions se sont éclaircies et fixées au grand avantage de l'étude du diluvium. Il est certain qu'une partie du continent européen, couvert maintenant de végétation, était autrefois envahie par les glaciers. Leurs traces se trouvent, sans parler des Alpes, surtout dans le nord de l'Europe ; plus on avance vers le sud, plus elles perdent leur importance. On les reconnaît surtout aux surfaces des rochers polies, striées ou moutonnées, aux moraines et aux cailloux striés. Les principaux centres d'extension de ces glaciers étaient les Alpes scandinaves, les montagnes de l'Ecosse et du pays de Galles, les Carpathes, les Alpes, la Forêt-Noire, les Vosges, les montagnes du Morvan, de l'Auvergne et de la Bretagne, les Cévennes et les Pyrénées. Les dépôts glaciaires les plus répandus sont les moraines profondes, appelées ordinairement en Allemagne *Geschiebelehm* ou *Geschiebemergel* et *Blocklehm*, en

Angleterre *Boulderclay* ou *till* et en France, argile à meulières et à silex. Dans plusieurs pays on a trouvé un double dépôt de ces moraines profondes et on en a conclu à deux envahissements successifs des glaciers, dans l'intervalle desquels le sol aurait été couvert de plantes et peuplé d'animaux; ces envahissements s'opérant sur de vastes étendues, devaient durer un temps très considérable, qui a été divisé en quatre périodes nommées : première période glaciaire, période interglaciaire, seconde période glaciaire et période postglaciaire.

Il est prouvé que pendant les deux périodes glaciaires une partie seulement du continent était couverte de glace; le terrain libre, ainsi que les mers, était peuplé d'organismes pouvant supporter un climat assez froid. Pendant la période interglaciaire, le climat était au contraire chaud, plus chaud que maintenant, et la faune appartenait par conséquent aux contrées méridionales de l'Europe. Ces deux dépôts glaciaires se trouvent en Scandinavie, en Allemagne, en Écosse, en Angleterre et en Suisse; il y en a eu un seul en France, en Espagne et dans l'Italie septentrionale; on croit que l'Italie méridionale et la Turquie n'en contiennent point. On a trouvé sous les dépôts glaciaires de France, d'Espagne et d'Italie les fossiles caractéristiques des couches interglaciaires; ils doivent donc nécessairement appartenir à la seconde époque glaciaire.

L'étendue des mers et des continents a varié pendant ces temps. Au commencement de la première période, la mer couvrait encore en partie la côte Est de l'Angleterre et la côte Nord de l'Allemagne, tandis que l'Angleterre était réunie au continent par une langue de terre qui existait probablement déjà à l'époque pliocène. Le sud

de l'Europe communiquait avec l'Afrique de la même manière. Les parties de l'Italie et de la France qui, à la même époque, étaient encore sous eau, s'exhaussèrent; la côte nord de l'Allemagne sortit peu à peu des flots et simultanément l'Erzgebirge s'éleva à quelques centaines de mètres. Plusieurs régions de l'Angleterre et de l'Écosse s'exhaussèrent pendant la période interglaciaire; une bonne partie même de la mer du Nord fut mise à sec. La configuration des Iles britanniques qui formaient alors une péninsule était très différente de son état actuel. Ce qui est aujourd'hui terre ferme était entrecoupé dans le Sussex, le Norfolk, le Cheshire, près d'Édimbourg et de Glasgow, par des bras de mer plus ou moins profonds. Dans le nord de la France, près de Menclecourt, la Manche pénétrait plus avant dans la terre ferme. La conformation des vallées en Allemagne et en France ne différait pas essentiellement de ce que nous voyons maintenant, sauf pour la profondeur qui était de 10 à 30 mètres moins considérable. En Suisse, les grands bassins des lacs de Genève, de Zurich, de Thoune, de Brienz, de Constance n'existaient probablement pas encore, les deux premiers certainement pas. Ils ne se sont formés que pendant la seconde époque glaciaire à la suite d'oscillations prolongées du sol. Les Iles britanniques ne prirent leur forme actuelle que pendant la période post-glaciaire où de grands espaces de terrains disparurent sous les eaux ; c'est alors que leur communication avec le continent fut rompue. Le même phénomène se produisit, mais d'une manière moins accentuée sur les côtes nord de l'Allemagne et de la France.

Ces modifications des climats et des continents ont exercé une influence profonde sur le développement

de la faune et de la flore. A plusieurs reprises la population fut obligée d'émigrer du nord au sud et plusieurs fois elle put, par un chemin différent, regagner le terrain abandonné, non sans avoir parfois dans l'intervalle subi de notables changements. A l'époque pliocène, l'Europe centrale était peuplée d'espèces tout à fait méridionales. En Italie, en France, en Angleterre, nous trouvons, en fait de grands mammifères, le tapir, le mastodonte, l'éléphant, le rhinocéros, le lion, l'hippopotame, etc.; la flore était surtout représentée par les glyptostrobes, les liquidambar, les liriodendron, plusieurs espèces de lauriers, les magnolias, les grenadiers, les canneliers, etc. Les nombreuses espèces de pins et de noisetiers qui se trouvent en Allemagne à côté des magnolias, des noyers, des vignes, des châtaigniers nous prouvent que le climat y était moins doux et que l'éloignement de la mer se faisait sentir. En Angleterre, dans les couches les plus profondes du pliocène, on trouve principalement des espèces méridionales de coquilles marines; elles disparaissent peu à peu dans les couches plus récentes et sont remplacées par des espèces septentrionales; dans le *Chillesford-Red* la faune devient tout à fait septentrionale; à ce moment, nous touchons déjà au pléistocène, à la première époque glaciaire.

Au commencement de cette époque arrivèrent du nord des animaux marins qui obligèrent ceux dont ils venaient prendre la place à émigrer vers le midi. Le même fait se produisit pour les animaux terrestres et les plantes, c'est alors que le tapir et le mastodonte, le glyptostrobe, le cannelier, le grenadier, le liriodendron, etc., disparurent pour toujours de l'Angleterre et de la France. Ils furent remplacés par une faune et une flore différentes

et dont le caractère était plus septentrional; elles ne venaient pourtant pas du nord comme les animaux marins, mais en grande partie de l'est, d'Asie. Dans l'Europe centrale, les nouveaux arrivants sont les types des espèces pléistocènes; ils eurent à soutenir un combat opiniâtre avec les anciennes espèces pliocènes et, malgré les intempéries du climat, ils en sont sortis victorieux tout en éprouvant des pertes considérables. Une grande partie en a disparu, mais le petit nombre qui a survécu forme le principal contingent de notre faune et de notre flore actuelles. Les nouvelles espèces asiatiques sont : *Elephas primigenius, Rhinoceros Merki et tichorhinus, Equus caballus, Sus crofa, Cervus tarandus, capreolus, alces, elaphus, Ovibos moschatus, Arctomys marmotta, Spermophilus, Lemmus, Ursus arctos* et *ferox, Gulo luscus,* etc. Nous manquons encore des connaissances nécessaires pour pouvoir préciser l'origine de plusieurs espèces, principalement de plantes et de mollusques. L'émigration commença déjà pendant la première époque glaciaire, elle n'envahit alors que les parties les plus chaudes de l'Europe, qui n'étaient pas couvertes par la glace ; mais, pendant la période interglaciaire, elle s'étendit sur le continent entier.

A peine ces nouvelles espèces s'étaient-elles acclimatées que la seconde époque glaciaire les força de nouveau à se retirer, et cette fois vers le sud. C'est ainsi que les types les plus septentrionaux émigrèrent peu à peu dans les contrés du midi, tandis que les types méridionaux disparurent presque entièrement de notre continent sans réapparaître avec l'époque post-glaciaire, bien qu'à ce moment les espèces venues du nord en reprennent le chemin. L'époque post-glaciaire fut donc marquée par l'immigration d'espèces originairement asiatiques.

Ces changements successifs des faunes et des flores nous expliquent pourquoi l'Europe est si pauvre en espèces indigènes. Ne sommes-nous pas, nous la race humaine, des hôtes étrangers. Les plus anciens vestiges de notre race ont été trouvés dans le pléistocène, de même que ces restes d'animaux venus d'Asie. Nous pouvons donc admettre que nous avons la même origine. La seconde époque glaciaire força nos ancêtres à émigrer vers le sud. C'est ainsi que les habitants des contrées les plus septentrionales, qui avaient les caractères qu'ont encore aujourd'hui les indigènes de la Laponie et du Groënland, furent refoulés peu à peu jusque dans le midi de la France. L'époque post-glaciaire leur permit de retourner vers le nord et de reprendre possession de l'Europe ; c'était l'époque du second âge de la pierre ou de la pierre polie.

Plus tard, il y eut de nouvelles immigrations, mais venant de l'est et du sud-est ; l'ère des grandes migrations des peuples commence ; c'est l'aurore des temps historiques. L'Europe n'est pas le foyer de création des espèces, tous ses habitants sont immigrés, mais elle est bien celui de la civilisation. Ce continent privilégié entre tous est devenu un nouveau paradis d'où l'homme, avec sa soif de connaître, s'élance de nouveau dans toutes les directions pour déchiffrer le passé, étudier le présent et sonder l'avenir.

Les communications suivantes ont été faites dans la séance de la section séance générale de géologie :

M. le D[r] Ph. de la Harpe, de Lausanne, présente une collection de Nummulites d'Égypte et ajoute les réflexions suivantes :

D'Archiac a déjà eu entre ses mains de riches séries

de Nummulites de ce pays, entre autres celles du Musée de Turin. La plupart des espèces sont donc déjà connues, grâce à ses travaux. M. de la Harpe, à la demande de M. le prof. Zittel, a étudié les Nummulites d'Égypte, dont le musée de Munich est très riche, grâce aux voyages des Zittel, Ascherson, Schweinfurth, etc. Il a pu profiter aussi en quelque mesure des récoltes de M. le professeur Fraas, dont les résultats sont consignés dans son ouvrage *Aus dem Orient.*

D'après les observations de M. le prof. Zittel, les divers horizons nummulitifères de l'Égypte sont les suivants de bas en haut :

1° Les marnes feuilletées d'El Gouss Abou Saïd, de Nokba près Farafreh, et du Djebel Ter, près Chardjeh. On y rencontre 3 formes nouvelles, la *N. Fraasi,* voisine de la *N. planulata,* Lam., du Suessonien — il est probable que la Nummulite désignée par M. Fraas sous le nom de *N. planulata* (*Aus dem Orient,* p. 114), et trouvée près du Caire, appartient à la *N. Fraasi,* — les *N. solitaria* et *deserti;* puis les *N. Biarritzensis,* d'Arch., *Guettardi,* d'Arch., *Beaumonti,* d'Arch., et *subBeaumonti,* n. sp.

2° Les calcaires à Alvéolines et les marnes de Siout, Djebel Der près Esneh, Benihassan et Minieh (couches inférieures) qui renferment les formes striées *N. Biarritzensis* et *Guettardi, Beaumonti* et *subBeaumonti, Ramondi* et *subRamondi, Heberti* et *variolaria,* puis les formes granulées *N. perforata* et *Lucasana,* enfin les *Assilina Nili* et *minima* n. sp.

Ces deux niveaux réunis forment l'*étage lybique* du prof. Zittel. Il occupe la partie méridionale du bassin éocène d'Égypte.

3° Les couches à *N. Gizehensis* et *discorbina* des en-

virons du Caire, de Minieh et Benihassan (couches supérieures), des déserts lybique et arabique. C'est l'*étage du Mokattam* du prof. Zittel. Il renferme les *N. Gizehensis* et *curvispira, discorbina* et *subdiscorbina, Beaumonti* et *subBeaumonti.*

4° Peut-être faut-il en détacher les calcaires supérieurs observés seulement à l'ouest de Siouah, et immédiatement recouverts par le miocène.

Ces calcaires grossiers à Orbitoïdes ont une faune nummulitique singulière. On y trouve les *N. intermedia,* d'Arch., et *Fichteli,* Michel., qui caractérisent le Nummulitique supérieur, réunies aux *N. Rütimeyeri, n. sp.* et *Chavannesi, n. sp.,* qui, en Europe, en sont contemporaines et existent déjà en Égypte dans l'étage lybique, ainsi qu'aux *N. Biarritzensis*, d'Arch., et *Guettardi*, d'Arch., *Heberti,* d'Arch., et *variolaria*, Lam., qui se trouvent en Europe et en Égypte dans un horizon beaucoup plus ancien.

Le prof. Zittel affirme qu'il est fort difficile d'établir le parallélisme de ces divers niveaux avec ceux de l'Europe. Les Nummulites en fourniront-elles le moyen ? C'est ce que l'on ne peut dire encore.

Voici du reste la liste des formes reconnues par M. de la Harpe avec l'indication de leurs principaux gisements.

NUMMULITES

Num. Fraasi. n. sp. — El Gouss Abou Saïd. Environs du Caire (?).
— *Rütimeyeri*, n. sp. — Près Siouah. Nokba, près Farafreh.
— *Chavannesi*, n. sp. — Id. Désert de Mer.
Ces deux formes, très voisines des *N. Bouillei* et *Tournoueri* se trouvent dans nos Alpes valaisannes et les Basses Alpes françaises, dans les couches supérieures du terrain nummulitique.
— *Biarritzensis*, d'Arch. — Près Siouah. Nokba, etc.
— *Guettardi*, d'Arch. Id. id.

Num. Ramondi, Defr. — Esneh.
— *subRamondi*, n. sp. — Esneh.
— *solitaria*, n. sp. — El Gouss Abou Saïd.
— *deserti*, n. sp. — Id.
— *Heberti*, d'Arch. — Siout. Près Siouah.
— *variolaria*, Lam. — Id. id.
— *contorta*, Desh. — Id. id.
— *Beaumonti*, d'Arch. — Mokattam. Benihassan. Près Siouah.
— *subBeaumonti*, n. sp. — Id. Id. Id.
— *discorbina*, d'Arch. — Id. Id. Id.
— *subdiscorbina*, n. sp. — Id. Id. Id.
— *Gizehensis*, Ehrb. et les 8 races dont elle se compose :
les *N. Ehrenbergi*, de la H., ou type. — Mokattam, etc.
— *Lyelli*, d'Arch. id.
— *Pachoi*, de la H. Gasat ed dalleh.
— *Champollionis*, de la H. Entre les Wadi Eschel et Sannur.
— *Viquesneli*, d'Arch. — Wadi Daxl.
— *Zitteli*, de la H. — Benihassan.
— *Caillaudi*, d'Arch. — Mer, etc.
— *Marietti*, de la H. — Minieh, etc.
— *curvispira*, Menegh., et ses variétés : — Mokattam, etc.
glabra.
plicata.
granulata (= *N. Lucasana*, var. *b.*, d'Arch.).
— *perforata*, Denys de Montf., et ses races :
obesa, Leym. — Benihassan. Minieh.
var. β, d'Arch. (*Monographie*, p. 119). — Loc ?
var. γ, d'Arch. — Pyramides de Gizeh, (Fraas).
Renevieri, de la H. — Id. (Fraas).
— *Lucasana*, Defr. — Benihassan. Minieh.
— *Brongniarti*, d'Arch. (?) (*Monogr.*, p. 112). — Loc. ?
— *intermedia*, d'Arch. — Près Siouah.
— *Fichteli*, Michel. — Id.

ASSILINES.

Ass. Nili, n. sp. — Esneh.
— *minima*, n. sp. — Esneh.

Il est probable que ces 25 formes ne sont pas autant d'espèces, et qu'il faudra réunir un jour les *N. Biar-*

ritzensis et *Ramondi*, les *N. Guettardi* et *subRamondi*, les *N. Beaumonti* et *discorbina*, les *N. subBeaumonti* et *subdiscorbina*, peut-être même les *N. contorta* et *Beaumonti*, les *N. striata* et *subBeaumonti*, les *N. solitaria* et *Heberti*, et les *N. deserti* et *variolaria*.

Toutes les formes que possède le musée de Munich sont décrites et figurées dans un travail spécial, en voie de publication dans les *Paleontographica*.

M. Ch. Mayer-Aymar est d'avis que les degrés de l'échelle des Nummulites, établie par M. de Hantken, pourraient recevoir les noms d'étages qui ont été employés jusqu'à présent.

M. le Dr V. Gilliéron expose ses idées *sur l'âge des schistes rouges du Simmenthal*. Sur les deux flancs des chaînes jurassiques qui enveloppent le flysch du Simmenthal, on remarque des calcaires et des schistes argileux rouges. C. Escher de la Linth paraît être le premier qui les ait mentionnés ; Buckland crut y reconnaître le nouveau grès rouge ou grès bigarré ; M. Studer les envisagea comme une modification du calcaire ; enfin M. C. Brunner les classa dans la craie supérieure. Il y a environ douze ans, ils donnèrent lieu à un débat : MM. Renevier, de Fischer-Ooster et Ooster cherchèrent à montrer qu'ils sont jurassiques, MM. Bachmann, E. Favre, Th. Studer et Gilliéron, qu'ils appartiennent au terrain crétacé supérieur; peu après M. Merian vint confirmer cette dernière opinion. En 1880, dans un excellent travail, *(Neocomstudie, Jahrb. der K. K. geol. Reichsanstalt*, p. 529*)*, M. Vacek a émis une nouvelle opinion sur ces assises, opinion qui est le résultat d'une étude qu'il a faite du profil d'Erlenbach au Stockhorn : il admet qu'une certaine partie appartient au tithonique, et le reste au terrain crétacé

inférieur. Il se fonde sur ce que, au sud, du côté du Simmenthal, les schistes rouges plongeraient sous un massif calcaire inférieur au flysch, et au nord, du côté du Stockhorn, sous le néocomien. L'horizon calcaire du côté sud formerait la terrasse où se trouvent les hameaux d'Eschlen, Moos, Thal, Allmenden, et probablement le mamelon à l'ouest de Latterbach. M. E. Favre a déjà appuyé cette manière de voir ; mais les travaux de M. Vacek sur la craie du Vorarlberg lui donnent une autorité qui rend nécessaire une plus ample réponse.

Dans les localités du Simmenthal qui viennent d'être nommées, M. Gilliéron n'a vu réellement en place que le flysch ordinaire, et cela jusqu'aux couches rouges. Le mamelon de Latterbach montre les grès et schistes du flysch. Les mêmes schistes argilo-calcaires, avec ou sans grès, sont visibles à Allmenden, au ruisseau situé à l'E. sur le chemin qui y mène en venant de Latterbach, et au N.-O. du hameau, à 8 mètres de distance des calcaires et schistes rouges. A Thal, il y a des affleurements du même genre sur le ruisseau en amont du hameau, et au N.-E. on a en outre les grès à une très petite distance des assises rouges. A Moos les schistes du flysch ne sont visibles sur le ruisseau d'Erlenbach qu'en aval de l'E. du hameau ; en amont on n'y trouve plus que des *blocs* du calcaire jurassique qui sont descendus de plus haut ; l'un d'eux ayant l'aspect d'un rocher en place, c'est peut-être là ce qui a trompé M. Vacek, et lui a fait admettre l'existence d'un massif calcaire entre le flysch et les couches rouges ; mais au nord du hameau, il y a un troisième point où le flysch est visible tout près de ces dernières assises.

Du côté nord du profil étudié, M. Vacek a constaté que

le passage du corallien tithonique au calcaire rouge qui se voit en arrivant dans le bassin du lac inférieur du Stockhorn n'est pas subit, mais que des bancs de calcaire corallien se mêlent aux couches inférieures de schistes rouges. Il y a en effet là des bancs d'un calcaire plus ou moins compact, dur, de teinte claire, assez semblable au corallien ; mais, dans la plus grande partie des localités, ces bancs ne se trouvent pas, ou se trouvent à différentes hauteurs dans le massif même des schistes rouges. En allant plus au nord, M. Vacek est bientôt arrivé au néocomien, et il a été très naturellement amené à admettre que le calcaire rouge est un membre intermédiaire entre le corallien et le néocomien ; rien ne pouvait l'avertir, en effet, sur ce trajet, que les couches en discussion forment là une synclinale et qu'il les avait traversées deux fois; mais l'existence de ce pli est prouvée péremptoirement par deux lambeaux de flysch qui y sont renfermés, l'un à peu de distance au S.-O. du lac, l'autre plus éloigné à l'E.

M. Gilliéron croit donc pouvoir maintenir l'opinion que les calcaires rouges sont supérieurs au néocomien, et que ce dernier doit finir en coin en dessous, le long de la chaîne du flanc gauche du Simmenthal.

M. A. Jaccard soumet à la Section un projet de *cartes du phénomène erratique en Suisse.* Plus de quarante ans se sont écoulés depuis l'époque où la théorie glaciaire, qui résout le problème du transport des blocs erratiques, fut présentée à la Société helvétique réunie à Neuchâtel. Accueillie avec faveur par les uns, elle fut combattue par d'autres; elle donna lieu, pendant plusieurs années à des recherches, et à des observations qui devaient la faire triompher de toutes les objections et lui permettre de prendre rang

parmi les conquêtes de la science moderne. Ainsi, ce n'est plus d'une théorie qu'il s'agit, mais bien d'un système complet créé lentement par les maîtres de la science, à force de travail et de persévérance. Les noms de Charpentier, de Hugi, d'Agassiz, de Desor, d'Arnold Guyot et de tant d'autres, sont liés à cette période de zèle scientifique, d'enthousiasme pour l'étude des phénomènes de la nature. M. Jaccard n'a pas l'intention de refaire ici l'historique de ce mouvement si intéressant des esprits. Ce travail vient d'être fait par les auteurs de la Monographie géologique des anciens glaciers et du terrain erratique du bassin du Rhône, MM. Falsan et Chantre.

L'auteur voudrait, après avoir signalé l'espèce d'accalmie qui s'est produite dans les études sur ce sujet et le réveil provoqué par l'*Appel aux Suisses* de MM. Soret et Favre, attirer l'attention sur ce qui reste à faire pour que nos connaissances sur cette phase de l'histoire du globe ne restent pas en arrière des autres branches de la géologie.

En effet, la Suisse est la terre classique des glaciers : chaque année les naturalistes viennent visiter ces admirables témoins des phénomènes physiques; une société nouvelle, le *Club alpin,* s'est proposé leur étude approfondie; en outre, plusieurs géologues se sont occupés de l'étude des anciens glaciers disparus, qui ont laissé les témoins de leur existence dans les blocs alpins répandus dans la plaine et jusque sur les sommets du Jura.

Or, jusqu'à présent nous manquons d'un travail spécial, d'un résumé des faits acquis, qui permettrait de continuer l'œuvre, de la compléter par de nouvelles observations. Il ne s'agit pas seulement d'un mémoire écrit, mais de

cartes, de tableaux graphiques qui expriment les faits d'une manière nette, claire et positive. M. Jaccard sait qu'on a l'intention de publier une carte du terrain erratique en Suisse. Les matériaux se réunissent, d'année en année par les aoins de notre estimable et savant confrère M. Favre, mais ce n'est point encore là ce qu'il nous faut. En réalité cette carte du terrain erratique sera une carte géologique, limitée à une série de dépôts, lesquels caractérisent une des phases de l'histoire du globe.

Ce qu'il nous faut, c'est une carte des *phénomènes erratiques* en Suisse, sur le plan de celle qu'ont dressé, d'une façon aussi ingénieuse que savante, nos collègues de Lyon, MM. Falsan et Chantre. Quoique éloignés de nos glaciers, ils ont compris leur rôle et leur action ; ils n'ont pas crainte d'en déduire les conséquences les plus ingénieuses relativement aux glaciers quaternaires qui ont transporté les blocs et les dépôts alpins jusqu'à Lyon et à Bourg. En présence d'un travail semblable, il a semblé à M. Jaccard que nous ne pouvions rester en arrière et, se mettant à l'œuvre, il a tenté les essais qu'il met sous les yeux des membres de la section. Comme on le voit, le travail est encore bien incomplet; c'est un réseau sur lequel viendront tout naturellement se placer les observations de détails. Pour le moment, il voudrait attirer l'attention sur deux ou trois point seulement.

Tout d'abord la carte de M. Jaccard montre le point de départ initial des grands glaciers quaternaires dans les glaciers actuels qui constituent en quelque sorte la phase terminale du phénomène. Des glaciers du Rhône, d'Aletsch, du Mont Rose, etc., partent des lignes rouges tantôt divergentes, tantôt parallèles, indiquant le chemin suivi par

les blocs. Jusqu'où le glacier s'est-il étendu, à quelle hauteur s'est-il élevé, tant dans les vallées alpines que sur les flancs du Jura ? Telle est la question que se posèrent les premiers glaciéristes.

Cette double question fut résolue diversement, mais en tout cas nous pouvons reconnaître que les appréciations restèrent en dessous de la réalité, aussi bien au point de vue de la limite altitudinale qu'à celui de la limite terminale. On croyait en effet trouver cette double limite dans la grande zone de blocs de protogine qui s'étend des environs de Gex jusqu'à Soleure, en décrivant quelques courbes dans les vallées du Nozon, de l'Orbe, de l'Arnon, de l'Areuse, du Seyon, de la Suze, etc. En réalité, comme on l'a reconnu depuis, le glacier alpin s'est élevé à 1500^{m} au moins sur les flancs du Chasseron ; il atteignait encore 1300^{m} au Gros Taureau, à la vue des Alpes et au Chasseral. Il a pénétré dans les hautes vallées du Jura Neuchâtelois et du Doubs, où nous trouvons, au lieu des protogines du Mont-Blanc, les gneiss d'Arolla et les arkésines de la Dent Blanche. Tous ces faits sont bien reconnus maintenant, et, croyons-nous, personne ne songe à les discuter.

En revanche, on est moins d'accord en ce qui concerne certaines vallées du Jura septentrional ; les vals de Tavannes, de Moutiers, de Délémont, sont aussi occupés par des dépôts glaciaires, mais les roches qui les constituent ne sont point alpines. Il faut donc que le Jura ait été occupé par des glaciers propres. Agassiz, A. Guyot Pidancet, Emile Benoit l'ont, du reste, reconnu, mais cela était difficile à indiquer sur les cartes. Cette difficulté disparaît avec la méthode adoptée par nos confrères de Lyon, tout devient clair et net.

Ainsi, des glaciers ont pris naissance dans le Jura avant l'arrivée du grand glacier du Rhône. Parmi eux, les uns sont restés indépendants, tandis que d'autres ont été refoulés par la grande masse, et ont été reformer leurs moraines dans les vallées intérieures, comme on le voit à Pontarlier, à la Brévine, dans la vallée du Doubs. Puis, pendant la retraite du grand glacier, de petits glaciers en miniature ont continué à fonctionner. Nous en avons retrouvé les moraines intactes aux Verrières, à Saint-Imier, etc.

Toutes ces observations, on le voit, peuvent être consignées sur la carte, pourvu que celle-ci soit à une échelle suffisante. Malheureusement, l'échelle de 1 : 250000 ne répond guère à ce but, c'est ce qui a engagé l'auteur à prendre les feuilles à 1 : 100000, sur lesquelles il devient possible de noter les détails. Il s'écoulera longtemps, toutefois, avant que les observations se soient généralisées et complétées d'une extrémité du Jura à l'autre. Il faudrait, en attendant, se contenter de publier la carte d'une région limitée, le Jura neuchâtelois par exemple. Mais ici encore que de difficultés pour arriver à être quelque peu complet ! Il est telle vallée comme le Val de Ruz, que nous croyons connaître suffisamment par la liste des blocs erratiques relevés par les topographes fédéraux et dans laquelle le terrain erratique même n'est pas encore étudié.

D'ailleurs un semblable travail doit être accompagné d'un texte descriptif semblable à celui de MM. Falsan et Chantre. On ne pourra y arriver qu'au moyen de recherches spéciales, poursuivies systématiquement. Le sujet, semble-t-il, en vaut la peine et l'on peut espérer qu'il sera un jour pris en considération par les géologues de notre pays.

M. le curé Cartier, d'Oberbuchsiten, présente des fragments de calcaire siliceux qui, à la cassure, prennent une forme conique. MM. *Mühlberg* et *de la Harpe* prennent la parole à ce sujet.

M. le docteur Rothpletz, traite *du rôle des failles dans la géologie des Alpes.* Les grands contournements des couches, si abondants dans les Alpes calcaires, ont vivement frappé plusieurs géologues qui se sont récemment occupés, de cette chaîne et ils sont arrivés à conclure que les failles dont le rôle est si important dans les Alpes méridionales, surtout dans le Tyrol, manquent presque entièrement à nos Alpes septentrionales ou n'y ont du moins aucune importance. Les feuilles géologiques de notre pays, récemment publiées, ne donnent que bien rarement des indications sur elles et paraissent ainsi confirmer cette manière de voir. M. Rothpletz a cependant pu fréquemment constater la présence de failles d'une grande importance et ne peut se ranger à l'opinion indiquée. La direction, l'âge, la grandeur de ces dislocations est souvent difficile à fixer et demande bien des recherches; le but de cette communication est d'attirer l'attention sur ce sujet et d'indiquer quelques observations faites par l'auteur avec des coupes à l'appui.

En 1879, il a constaté trois failles dans l'Oberland bernois. L'une d'elles passe par le haut du Genthal, par le lac d'Engstlen et le col du Joch; elle a mis en contact le jura brun et des couches plus anciennes avec le jurassique supérieur et elle forme entre autres le monticule *Bei den Schründen* qui, au point de vue orographique seul, paraît déjà une anomalie. Il constitue, avec le sol de la forêt contiguë au N.-O., le grand barrage qui retient les eaux du lac d'Engstlen dont l'origine est ainsi due à cette faille.

Une deuxième grande faille passe entre le Hohenstollen et le Haupt dans le haut Melchthal. Les lapiez au nord du Frutt ainsi que les masses du Haupt et des montagnes situées plus au nord sont formés de calcaires très contournés, tandis que plus au sud les hauteurs du Hohenstollen, du Faulenberg, etc., sont constituées par des marnes brunes; ces deux roches sont juxtaposées au col qui sépare le Haupt du Hohenstollen sans que l'une d'elles recouvre l'autre. Le calcaire blanc a été soulevé et ainsi a été formée l'éminence rocheuse qui traverse le Melchthal et borde le Melchsee.

La digue qui retenait les eaux de l'ancien lac du Hasli dans le Grund est formée de calcaires jurassiques très contournés. Immédiatement au-dessous, près de Meyringen, à la Mühlifluh, les couches sont rompues par une faille qui traverse la vallée de l'Aar et dont la lèvre septentrionale a été soulevée, ce qui a produit précisément le barrage indiqué.

On sait que dans la Suisse occidentale, la région de la mollasse est parcourue par de nombreuses failles; les profils des bords du lac de Genève donnés par Morlot les montrent clairement. Dans la Suisse orientale au contraire, on s'est attaché à prouver que les variations fréquentes dans l'inclinaison et la nature des molasses sont le résultat de plis provenant d'une compression latérale. L'auteur ne s'est pas encore convaincu de l'exactitude de cette opinion, n'ayant pu encore observer sur le terrain aucun pli concave et seulement de très rares contournements. Il a reconnu une faille entre Rieti et Raperschwyl, et sa présence est confirmée par la découverte récente de plantes miocènes dans le voisinage.

M. Mœsch a publié une série de coupes pour prouver

que les Lägern doivent leur origine à un pli concave assez régulier auquel ont pris part le trias, le jurassique et la mollasse; mais ces coupes, dans lesquelles le rapport de la longueur à la hauteur est de 1 à 2, ne sont pas normales; en les ramenant aux proportions réelles, on y trouve un grand nombre d'anomalies qui font sérieusement douter de la régularité de ce pli.

L'auteur espère avoir démontré que les failles ne sont pas des faits exceptionnels dans notre pays; mais il pense qu'il faudra encore beaucoup d'études pour reconnaître leur importance. Il montre la carte qu'il a relevée de la section Frankenberg dans l'Erzgebirge, dans laquelle les failles acquièrent un grand développement et sont distribuées suivant deux systèmes qui se coupent à angle droit, celui de l'Erzgebirge et le système hercynien; le premier date de l'époque carbonifère, le second est postérieur au dyas; presque toutes les dislocations qui ont eu lieu dans cette région se rapportent à ces deux systèmes.

Nous ne pouvons nous faire une idée exacte de l'orographie d'une région que par une connaissance approfondie de sa structure géologique et de son origine. Pour cela, l'étude des failles est indispensable; mais elle a aussi une très grande importance pour l'étude des tremblements de terre; quand nous connaîtrons les directions des failles sur de vastes étendues et si possible sur l'Europe entière, nous pourrons comprendre mieux ces puissants phénomènes.

M. Gilliéron est satisfait d'entendre parler de failles dans la mollasse de la Suisse orientale; elles sont admises sur les bords du Léman et doivent l'être dans le canton de Fribourg.

M. Gutzwyller montre pourquoi il admet la présence

de plis plutôt que de failles dans les localités citées par M. Rothpletz. Il s'engage une discussion à cet égard.

M. le professeur Heim pense que les failles doivent se trouver surtout dans la mollasse. Pour les Alpes, on les a admises trop facilement autrefois; plus tard il s'est fait une réaction dans laquelle on a peut-être été trop loin; il y a lieu de distinguer différents cas et de préciser l'emploi du terme.

M. le prof. Mayer-Eymar décrit des observations qu'il a faites en 1879; il donne les preuves que la Loire a dû s'écouler dans le golfe parisien de la mer du Nord, durant toute la période éocène, et que ce n'est qu'à la fin de l'époque néogène inférieure ou aquitanienne qu'elle a formé le coude d'Orléans, pour aller se jeter dans l'Océan Atlantique.

Tandis qu'à l'époque sénonienne moyenne, la mer du Nord communiquait encore avec l'Océan par le détroit de Poitiers, elle en fut définitivement séparée à l'époque du sénonien supérieur par le barrage de ce détroit, et ainsi se forma bientôt après le golfe éocène qui, sauf peut-être pendant l'époque parisienne supérieure (ou du calcaire grossier supérieur), communiqua avec la haute mer seulement par le nord-est de la France et par la Belgique. Or, les fleuves qui prenaient leurs sources du côté nord du plateau central de la France, la Loire, l'Allier et sans doute le Cher de l'époque sénonienne supérieure et des époques suivantes, durent nécessairement suivre la pente naturelle vers le golfe oriental de la nouvelle mer du Nord, c'est-à-dire couler vers Paris; la Loire passa par Gien, Montargis et Nemours, en absorbant au moins l'Yonne aux environs de Fontainebleau; le Cher coula peut-être par Orléans et Pi-

thiviers, en se réunissant à la Loire près de Melun. Ainsi s'explique en effet, bien mieux que par les soi-disant cataclysmes mis en avant jusqu'à ce jour, la formation du poudingue de Nemours, dépôt fluviatile éocène inférieur reposant sur le Sénonien. Ainsi surtout est expliquée, mieux qu'en admettant l'embouchure dans le haut du golfe parisien des seules rivières de la Seine et de la Marne, la présence, dans les dépôts de ce golfe éocène, de 236 espèces de *Cérithes*, avec un nombre d'individus extraordinaire, et de 48 espèces de *Cyrènes*, mollusques habitant tous, soit les eaux franchement saumâtres, soit l'embouchure des fleuves, soit enfin la mer, dans le voisinage de ces embouchures.

Quant à l'époque à laquelle la Loire changea de direction, elle est, elle aussi, nettement précisée par les faits géologiques. A la fin de la longue période éocène, pendant laquelle la mer du Nord avança ou recula quatorze fois dans le golfe parisien, celui-ci fut enfin séparé de cette dernière par un exhaussement entre les Ardennes et la côte picarde, et il se forma ainsi au milieu du bassin, c'est-à-dire entre Paris et l'Auvergne, un immense lac dans lequel se déposa en dernier lieu le calcaire aquitanien supérieur dit calcaire de Beauce. Les eaux de ce lac ayant enfin surmonté les points les plus bas des digues qui les séparaient de la mer, dans la basse Normandie et de l'Anjou, y formèrent des rapides qui scièrent à la longue ces digues et, quelques mouvements du sol aidant, finirent par mettre à sec le grand lac aquitanien, en créant, pour ainsi dire, les vallées actuelles de la Seine inférieure et de la Loire. En effet, l'époque suivante, l'époque langhienne, ne nous offre plus, dans le bassin de la Loire, que les sables fluviatiles de l'Orléanais, et

plus tard, à l'époque helvétienne inférieure, l'Océan trouva les contrées de la Touraine et de l'Orléanais suffisamment creusées pour venir y former le golfe dans lequel se déposèrent les faluns de la Touraine.

M. le prof. MAYER-EYMAR présente une deuxième communication :

Son attention a été de nouveau attirée sur les relations des étages helvétien et tortonien du plateau suisse-allemand par la découverte récente, faite en même temps par MM. Gutzwiller et Schalch, dans le nord-est du canton de Schaffhouse, des couches à *Congeria claviformis,* reposant, comme près d'Ulm, sur le grès coquillier helvétien moyen, mais recouvertes ici par les roches tortoniennes appelées *Heliciten-Mergel* (marnes rouges à Hélix) et *Jura-Nagelfluh* (poudingue tertiaire supérieur du Jura). Il est arrivé non seulement à confirmer le fait qu'il a signalé lors de la session de la Société à Saint-Gall, en 1879, que, durant l'époque tortonienne, les fleuves subalpins suisses s'écoulaient à travers le Jura, mais à pouvoir étendre sa conclusion à toutes les eaux courantes (le Danube, l'Inn, l'Isar de cette époque) qui parcouraient alors le vaste bassin mollassique.

Si hasardée que paraisse au premier moment cette découverte, les faits de stratigraphie orographique que l'orateur va exposer lui semblent la mettre hors de doute.

Pour que les fleuves du plateau suisse-allemand se soient, à un moment donné, tous écoulés à travers la partie centrale du Jura, il faut, en premier lieu, qu'à cette époque le bassin ait été fermé des trois côtés de Vienne, de Bâle et de Genève ; or, cela est facile à démontrer : Quant au débouché actuel du Rhin, puisque l'Helvétien supérieur, le Tortonien et le Messinien inférieur manquent

aussi bien dans le Jura bâlois que dans le bassin de Mayence, tandis que le Messinien moyen se trouve dans ce bassin, à Laubenheim, etc., il est clair que ce débouché est dû aux rapides qui déversèrent de ce côté le trop-plein du grand lac du nord-est de la Suisse, à l'époque de la mollasse d'eau douce supérieure messinienne moyenne. Pour le débouché actuel du Rhône, il est certain qu'il fut formé au commencement de l'époque helvétienne supérieure, puisque la mer de cette époque, tout en traversant encore le canton de Fribourg, contourna au nord les hauteurs formées d'Helvétien moyen de la rive lausannoise du Léman pour traverser le Jura par les Verrières, la Chaux-de-Fonds, le département du Jura et celui de l'Ain, et que, depuis lors, ce débouché n'a plus servi qu'au Rhône et à son glacier. Enfin, relativement au débouché du Danube, entre Linz et Vienne, les ouvrages de MM. de Hauer et Stur nous apprennent que la vallée du Danube ne possède, dans la Haute-Autriche, au-dessus de l'Eocène et peut-être du Langhien, que de la mollasse d'eau douce supérieure et des cailloutis plus récents, ce qui concorde parfaitement avec les faits que le grès coquillier et la mollasse marine suisses s'étiolent en Allemagne bien avant d'atteindre le milieu du plateau bavarois et que le faciès pétrographique de ces dépôts est tout différent de celui des couches du bassin de Vienne qui leur correspondent, tandis qu'il ressemble beaucoup à celui de l'Helvétien moyen et supérieur du bassin du Rhône, au nord d'Avignon. Il est certainement permis de conclure de ces données qu'après l'époque langhienne supérieure, la mer mollassique fut refoulée vers l'ouest et la vallée du Danube barrée pour longtemps, c'est-à-dire jusqu'au commencement de l'époque messinienne inférieure.

Maintenant que nous en sommes arrivés à conclure qu'aux époques helvétienne moyenne et supérieure la mer mollassique n'était reliée à la haute mer que par un détroit situé au sud-ouest et qu'elle ressemblait par conséquent à la mer Rouge actuelle, comparons d'abord nos deux mers suisses sous les rapports de leur étendue et du faciès de leurs dépôts, puis il nous sera encore plus facile de deviner ce qui se passa lors du retrait des eaux salées.

Tandis qu'à l'époque du grès coquillier, la mer entrait en Suisse par la Perte du Rhône, et s'étendait, avec une profondeur d'abord considérable, puis beaucoup plus faible, le long des Alpes jusqu'à Traunstein (banc d'*Ostrea Giengensis ;* voyez Gumbel, Géologie de la Haute-Bavière), et le long du Jura jusqu'au nord d'Ulm (bancs d'*Ostrea Giengensis* de Giengen, Niederstetzingen, etc.), à l'époque suivante elle passait par le Jura neuchâtelois et, à l'instar du haut de l'Adriatique, elle s'étendait le long des Alpes, où elle était profonde, jusqu'à Bregenz, et avec une profondeur bien moindre et en partie sous forme de lagunes peuplées de Congéries et de Buccardes, le long du Jura jusqu'à Ulm. Elle était donc alors d'au moins un tiers plus petite qu'auparavant. Or, ce mouvement de retrait ayant été tout à coup accéléré par un nouvel exhaussement des Alpes et du Jura allemand, à la fin de l'époque helvétienne supérieure, la mer se retira jusqu'à Lyon, attirant nécessairement à sa suite les fleuves subalpins qui grossissaient derrière elle.

Combien de fleuves principaux y eut-il alors (pendant l'époque tortonienne) et quel était leur cours sur le plateau mollassique? C'est ce que la stratigraphie nous dévoile aujourd'hui d'une manière parfaitement claire.

Notre connaissance des dépôts fluviatiles qui succèdent immédiatement à l'helvétien supérieur nous permet en effet d'affirmer qu'il y eut alors en Suisse deux grands fleuves, l'un subalpin, l'autre subjurassique. Le premier, dont le lit est tracé par les marnes rouges ou bigarrées et les cailloutis à empreintes qui reposent sur la mollasse marine depuis Saint-Gall jusqu'à Wohlhausen dans l'Entlibuch, était formé par le Rhin, la Linth, la Reuss et l'Aar oberlandaise, peut-être encore par l'Iller (s'il y a des marnes rouges sur l'Helvétien, à Brégenz). L'autre, dont le lit est indiqué par les marnes rouges et le poudingue jurassien superposés à l'helvétien depuis le pays des Hohenzollern jusqu'au canton de Neuchâtel, sortait d'un grand lac formé, à peu près entre Kempten et Biberach, par toutes les rivières bavaroises et le petit Haut-Danube. Ces deux fleuves se réunissaient-ils (par exemple aux environs de Bienne) avant de traverser le Jura neuchâtelois ou bien ne se rencontraient-ils que dans la Beauce ? C'est ce que nous ignorons encore. En tous cas, ce sont eux qui, réunis à la Saône et au Rhône d'alors, sont allés lutter avec la mer, dans le bassin du Rhône français, pendant la longue période tortonienne, et former les lacs de Heyrieu, de Hauterives et de Cucuron, dont les dépôts sont célèbres par les nombreux et beaux fossiles terrestres et fluviatiles qu'ils contiennent.

Botanique.

M. Buser, d'Aarau, présente un travail soigné sur les saules suisses, étude dans laquelle, après avoir passé en revue trois espèces mal connues, il décrit un certain nombre d'hybrides alpins et énumère enfin les saules argoviens.

1° *Salix Hegetschweileri* décrit par Heer, en 1833 sur les échantillons de la vallée d'Urseren. Cette espèce retrouvée depuis au glacier du Rhône et dans l'Engadine a été fort discutée et diversement interprétée. M. Buser, en la recherchant dans la vallée d'Urseren, a trouvé deux formes différentes, l'une qui se rattache évidemment au *S. hastata L.* et qui est analogue à la plante de l'Engadine ; l'autre qui serait une variété du *S. phylicifolia L.* abondant dans le nord de l'Europe et à laquelle se rapportent les échantillons du glacier du Rhône. Le *S. Hegetschweileri* doit donc être considéré comme réellement différent du *S. hastata* ; il se rapproche davantage du *S. phylicifolia* et n'a pas été jusqu'à présent trouvé en Engadine.

2° *S. cæsia Villars,* espèce indiquée par Andersson dans le Prodromus (vol. XVI, p. 317) comme un hybride probable des *S. arbuscula* et *purpurea.* M. Buser a observé cette plante en grande abondance dans l'Engadine et lui a trouvé tous les caractères d'une espèce véritable et non point d'un hybride ; il a, en outre, observé deux formes nouvelles qui ont tout à fait l'apparence d'hybrides issus du *S. cæsia* lui-même avec le *S. nigricans* d'une part et avec le *S. hastata* d'autre part.

3° Le *S. ovata* décrit par Seringe dans son « Essai d'une monographie des saules de la Suisse » est encore une espèce dont l'identité a été fort discutée. Elle a été rapprochée tantôt d'un saule, tantôt d'un autre et enfin considérée par Andersson dans le Prodomus, comme un hybride des *S. glauca* et *herbacea.* M. Buser admet en partie cette manière de voir, mais pense qu'il y a une erreur dans la détermination des parents et fait dériver le *S. ovata Ser.* des *S. helvetica* et *herbacea.* Cet hybride toujours rare habite surtout l'Engadine.

Dans la même région, le *S. herbacea* a donné lieu, par des croisements avec le *S. hastata* et le *S. arbuscula* à deux autres hybrides également cités par M. Buser. Enfin l'auteur décrit encore un dernier hybride fort intéressant trouvé deux fois seulement à Zermatt et dans l'Engadine, issu des *S. arbuscula* et *reticulata.* C'est le premier hybride exactement décrit qui dérive du *S. reticulata,* espèce généralement isolée dans les hautes montagnes.

Enfin M. Buser termine son travail par une revue des saules d'Argovie, répartis en deux régions naturelles, celle des alluvions de l'Aar caractérisée par les *S. daphnoïdes, incana,* etc., et celle des collines où domine surtout le *S. caprœa.*

M. le prof. Schnetzler communique quelques observations sur la végétation du *Lathrœa squamaria* qui vit sur les racines de différentes espèces d'arbres. Bien qu'incolore en apparence, la *Lathrœa* renferme cependant de la chlorophylle et l'amidon se développe dans ses tissus. Vers le printemps (avril), l'amidon est fort abondant et semblable à celui de la pomme de terre; la proportion en est même si forte qu'une partie doit être dérivée des tissus de la plante nourricière. — Plus tard, vers le mois de mai, les grains d'amidon sont corrodés de diverses manières, par l'intermédiaire de bactéries. Ces bactéries, d'abord simples *Bacillus subtilis,* se transforment en un organisme voisin du *Bacillus amylobacter* Van Tieghem, s'il n'est même pas identique. La *Lathrœa squamaria* peut donc vivre indépendante pendant un temps, mais elle peut aussi se comporter en véritable parasite.

Zoologie.

M. V. Fatio, de Genève, esquisse rapidement dans

la première assemblée générale les principaux résultats des expériences qu'il a faites et poursuit sur l'application de l'acide sulfureux à diverses désinfections.

Il divise son sujet en trois parties, eu égard aux différents usages de ce désinfectant et aux divers buts qu'il se propose d'atteindre; il distingue : une utilité domestique, une utilité pour ainsi dire commerciale et une utilité hygiénique.

Les deux premières parties ayant déjà fait l'objet de diverses publications du Dr Fatio, en particulier dans ce recueil[1], et l'auteur nous annonçant une prochaine notice à la fois sur le sujet des désinfections hygiéniques et sur ses dernières expériences dans les deux autres parties, nous nous bornerons à citer ici sommairement les principales données de cette intéressante communication.

M. Fatio s'est successivement occupé des différents insectes qui infestent et détériorent les corps inanimés, les véhicules, les appartements, les étoffes, les pelleteries, les collections d'histoire naturelle, etc., puis des divers parasites qui s'attachent à des corps vivants, produits culturaux ou commerciaux, à faire voyager ou à conserver : plantes, produits alimentaires, graines, etc., qu'il faut désinfecter sans leur nuire; enfin, de certains micro-organismes qui sont généralement considérés comme germes infectieux dans diverses maladies épidémiques ou contagieuses. Il a signalé dans ce dernier cas, comme faciles à assainir, les réservoirs à eaux, les égoûts et les latrines, les étables, les hôpitaux, etc.

M. Fatio a reconnu que l'action des vapeurs d'acide

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, numéros d'avril et de novembre 1880. Voir aussi le *Monde de la Science et de l'Industrie*, janvier 1881, etc., etc.

sulfureux est double sur tous les êtres qui vivent aux dépens de l'oxygène ; tous sont d'abord rapidement asphyxiés, par suppression de cet élément indispensable, puis peu à peu brûlés intérieurement, par la transformation dans leurs tissus du gaz qui les a pénétrés et s'est dissous dans les humeurs ou les parties aqueuses de ceux-ci. De là il conclut, et ses expériences le prouvent, que plus un être ou un végétal sera de nature ou substance aqueuse, plus il sera rapidement affecté par l'acide sulfureux. Il cite à cet égard plusieurs insectes et œufs de diverses sortes qui, selon leur nature, ont été plus ou moins vite pénétrés et tués.

En agissant avec une dose de 50 centimètres cubes d'acide liquide (anhydride sulfureux) ou avec son équivalent 35 à 36 grammes de soufre brûlé, par mètre cube d'air, il a vu, dans toute une série de parasites plus ou moins mous ou coriaces, du puceron au cancrelat, la mort vraie (non pas seulement l'asphyxie ou la mort apparente) survenir plus ou moins vite, selon les cas, soit dans un temps susceptible de varier de 5 minutes à 2 heures.

Des observations comparées lui ont donné des résultats analogues, en agissant sur des végétaux plus ou moins herbacés ou franchement ligneux. Les plantes vertes trop humides succombaient rapidement, tandis que des arbustes de texture plus ligneuse étaient moins affectés et que des graines bien sèches résistaient même parfaitement, pouvant être mangées sans inconvénients ou germant rapidement en terre après l'opération.

L'on doit évidemment tenir compte toujours, pour les applications dans des vases de capacités et élévations différentes, soit de la température agissant sur la diffusion du gaz, soit de l'état hygrométrique de l'air ambiant ou

des corps enveloppant, eu égard à l'intensité de l'action sur un point donné. Il sera nécessaire, suivant les cas, de faire varier notablement les doses ou les durées d'intoxication; parfois même il faudra choisir de préférence l'un ou l'autre des procédés précités pour la production du gaz, l'un portant avec lui la chaleur, l'autre la pression. Une intoxication trop faible ou une opération trop brève peuvent permettre souvent ou des éclosions d'œufs insuffisamment pénétrés ou des résurrections de parasites seulement encore en asphyxie.

Des cancrelats qui étaient demeurés deux heures dans une atmosphère intoxiquée à trop faible dose, bien que tombés déjà comme morts sur le dos après quelques minutes, reprirent vie après quatre jours d'immobilité complète; l'asphyxie avait été parfaite, mais la pénétration des tissus et l'intoxication intérieure étaient insuffisantes. Cela n'arrive pas, après le même temps, si chaque mètre cube d'air contient bien effectivement la proportion précitée de gaz acide sulfureux.

Portant ensuite ses expériences sur des infusions animales et végétales riches en vibrions et bactéries, M. Fatio a encore constaté que les mêmes doses par mètre cube d'air sont suffisantes pour tuer, au sein du liquide et dans des tubes, ces microbes réputés dangereux. La durée de l'emprisonnement des tubes dans l'atmosphère mélangée de gaz acide doit varier seulement avec la profondeur du liquide. Il y a là, en vue d'autres germes infectieux, une voie ouverte à bien des essais sur les venins et virus différents.

Enfin, désirant se faire une idée de l'action du même désinfectant sur les microbes aériens, en vue de l'assainissement des salles d'hôpitaux ou des étables infectées

par des épizooties, M. Fatio a encore agi sur des résidus d'infusions desséchées contenant un grand nombre de bactéries et des vibrions dont l'on sait qu'ils reprennent vie dans l'eau après dessication complète.

Là encore l'auteur a trouvé une confirmation de ses premières données; ces microbes secs ont résisté aux doses qui les tuaient assez vite alors qu'ils étaient pénétrés d'humidité, et, comme la graine sèche, ils ont parfaitement repris vie et mouvement, en rentrant dans leur élément après l'opération. Il a fallu doubler ou à peu près la dose pour obtenir la mort dans le même temps, une ou deux heures, et pouvoir constater sous le microscope, avec de forts grossissements, une immobilité complète et durable.

Les vapeurs produites directement par la combustion du soufre peuvent, grâce à leur température et à leur prix relativement très minime, rendre de grands services, lors d'applications simples, dans des vases très élevés et qui n'ont rien à craindre, soit de l'oxydation produite par un abondant dégagement d'humidité, soit du dépôt parfois très gênant de poussières adhérentes; toutefois, elles ne sauraient remplacer toujours et partout le gaz parfaitement sec et pur qui est produit par la volatilisation immédiate de l'acide sulfureux anhydre conservé liquide et sous pression dans des bouteilles ou siphons construits *ad hoc* et faciles à manier.

L'acide liquide, *anhydride sulfureux*, peut, en écartant les inconvénients signalés ci-dessus, être employé avec avantage et sans danger, non seulement dans toutes les applications simples qui demandent quelques ménagements, mais encore dans tous les cas de désinfection les plus délicats. En outre, grâce à sa pression inhérente, il

peut seul être appliqué rapidement et facilement dans toutes les circonstances où, à défaut d'air en suffisance, on ne peut obtenir une combustion complète.

Je n'ai pas l'intention, dit M. Fatio, en terminant, de vous proposer ici une panacée universelle; mais j'ai voulu, Messieurs, vous montrer en quelques mots quel large horizon est ouvert dans l'avenir à l'acide dont je viens de vous parler et dont je continue à étudier, au point de vue des désinfections, les diverses applications.

Dans la première assemblée générale, M. le Dr Keller fait la communication suivante sur le *sens de la couleur chez les animaux inférieurs.* Le rôle des couleurs dans l'économie animale est multiple : tantôt, dans le combat pour l'existence, elles servent de protection à ceux qui les portent; tantôt, dans la saison des amours, elles aident à la reproduction. A ces différentes fonctions doit se rattacher chez les animaux une faculté de perception des couleurs, faculté sur laquelle nous possédons bien peu d'observations directes. Il est cependant important d'être fixé à cet égard en présence de la théorie nouvelle patronée par Gladstone, Lazarus, Geiger et Magnus, d'après laquelle ce n'est que dans les temps historiques que l'homme aurait acquis ces facultés actuelles pour reconnaître les couleurs, les rayons à ondes lumineuses les plus courtes n'étant pas distingués auparavant. L'auteur repousse cette théorie et continue ses observations sur le sens des couleurs dans les différentes classes des vertébrés.

Malgré les difficultés plus grandes des recherches chez les invertébrés, sir John Lubbock a réussi à constater l'existence du sens de la couleur chez des articulés d'ordre supérieur tels que les abeilles, les guêpes, en enduisant des bâtons de verre de miel et en les plaçant sur des papiers de différentes couleurs.

M. Keller a pu faire des observations analogues sur des mollusques : des Hétéropodes, des Ptéropodes et surtout certains Céphalopodes peuvent changer de couleur grâce aux changements de taille de grandes cellules pigmentaires, ou *chromatophores* répandues dans les téguments. Ces changements de couleurs paraissent liés à une faculté d'adaptation à la couleur ambiante (Kollmann, Darwin), et les chromatophores sont en relation intime avec les nerfs de la bouche et de l'œil. M. Keller a pu faire, à l'aquarium de Naples, des observations intéressantes sur le pouvoir d'adaptation à la couleur ambiante possédé par un Céphalopode, l'*Eledone moschata*. Un de ces mollusques coloré en rouge pâle fuyait devant un homard ; en quelques minutes sa couleur avait tellement changé, que ce n'est qu'avec peine qu'il put être retrouvé dans le bassin, bien qu'il se trouvât tout près de la fenêtre. La paroi était en tuf jaune portant de nombreuses diatomées qui formaient des taches brunes ; couleur jaune et taches brunes étaient reproduites avec une extraordinaire fidélité sur les téguments de l'*Eledone*. Il semblait y avoir là plus qu'une simple action réflexe partant de l'œil, mais une appréciation réelle de la nuance et de la grandeur des taches à la suite de laquelle la volonté aurait agi sur les chromatophores. Ce fait dénoterait chez les Céphalopodes un haut degré de développement intellectuel.

M. le Dr Arnold Lang, de Naples, entretient la section d'un mode particulier de copulation chez des vers marins dendrocèles ou *Polycladès*. Il y a déjà quatre ans qu'il a pu vérifier une observation de Claparède, d'après laquelle le *Thysanozoon* possède deux ouvertures génitales mâles et deux pénis, mais une seule ouverture génitale femelle. Depuis lors, il a fait des observations analogues sur de

nouvelles espèces et sur un nouveau genre de *Polycladès*, et a trouvé, en effet, sur un jeune individu, à côté d'une ouverture génitale femelle, neuf pénis, sur un autre quinze pénis. Le but de cette organisation a échappé à l'auteur jusqu'au moment où il a pu, dans l'aquarium de Naples, étudier le *Proceros aurantiacus*. Chez beaucoup de *Polycladès* le pénis ne sert pas à introduire le sperme dans l'ouverture femelle, mais à blesser en un point quelconque le corps d'un autre individu et à verser dans la plaie le sperme qui atteint par cette voie les oviductes répandus dans tout le corps; la fécondation s'y opère. Ce mode extraordinaire de copulation a été observé nombre de fois par l'auteur chez différentes espèces de *Proceros;* leur corps porte constamment, en différentes places, des blessures ou des cicatrices sous lesquelles on remarque de grosses taches blanches formées de sperme. Chez une espèce particulière, l'organe mâle produit des spermatophores filamenteux, en forme de massue, aigus aux extrémités et formés d'une membrane amorphe, résistante. Chez cette espèce, le pénis sert à fixer le spermatophore par son extrémité pointue, en un point quelconque du corps d'un autre individu. Cela fait, le sperme sort et pénètre dans les oviductes comme dans le cas précédent. A certaines époques on ne pouvait rencontrer aucun individu de cette espèce qui ne portât un plus ou moins grand nombre de ces spermatophores qui, extérieurement, ressemblaient tout à fait à des parasites. Ce mode de copulation explique parfaitement pourquoi ces *Polycladès* possèdent plusieurs pénis mais un seul vagin, puisque celui-ci ne sert qu'au dépôt des œufs.

M. le Dr A. Lang communique, au nom du Dr E. Yung, *privat docent* à l'Université de Genève, les résultats sui-

vants relatifs à l'influence de la nature des aliments sur le développement de la grenouille.

M. Yung a opéré sur des têtards de la *Rana esculenta,* issus d'une même ponte obtenue dans son laboratoire le 24 mars.

Le 27 du même mois, les premières éclosions eurent lieu, et le 1er avril les jeunes furent placés, au nombre de cinquante, dans cinq vases de même surface d'aération et renfermant la même quantité d'eau. Toutes les conditions physico-chimiques (température, lumière, nature du liquide, etc) furent soigneusement égalisées, à l'exception de la condition nourriture.

Les têtards du premier vase (A) furent soumis à un régime végétal (algues d'eau douce bien lavées). Dans le deuxième vase (B) ils ne reçurent d'autre aliment que la substance gélatineuse qui entoure l'œuf de grenouille et qui, normalement, sert de nourriture première au jeune têtard; cette substance fut remplacée plus tard lorsqu'on ne put plus s'en procurer dans les marais d'alentour, par de l'albumine d'œuf de poule liquide. Les têtards du troisième vase (C) furent nourris avec de la viande de poisson, et ceux du quatrième (D) avec de la viande de bœuf. Enfin, ceux du cinquième (E) reçurent de l'albumine d'œuf de poule coagulée.

Un accident d'expérimentation empêche M. Yung de donner, pour le moment, les résultats relatifs aux têtards nourris avec des graisses.

Dans chaque vase, la quantité de nourriture se trouvait en surabondance et fréquemment renouvelée.

Le degré du développement fut mesuré par les dimensions en longueur (de l'extrémité du museau à celle de la queue) et en largeur (à la hauteur des branchies) d'un certain nombre de têtards dans chaque vase.

Des différences dans le développement se firent rapidement sentir et s'accentuèrent dans la suite.

Voici les moyennes obtenues au 20 avril; elles sont exprimées en millimètres :

	Vase A.	Vase B.	Vase C.	Vase D.	Vase E.
Longueur....	16,08	17,66	29,00	29,33	25,83
Largeur	3,75	4,08	6,58	6,25	5,25

On voit que, déjà vingt jours après le commencement de l'expérience, les têtards nourris avec de la viande avaient acquis des dimensions à peu près doubles de ceux nourris avec des algues. Dans tous les cas, ils avaient accumulé dans leurs tissus une bien plus grande quantité de réserve alimentaire, comme le prouve l'expérience suivante :

Trois têtards pris dans les vases extrêmes (vase A, algues; vase D, viande de bœuf), furent soumis à l'inanition à partir de ce 20 avril, dans une même quantité d'eau. Les trois têtards, nourris jusque-là avec des plantes, périrent les dixième, onzième et treizième jours qui suivirent leur privation de nourriture, tandis que ceux nourris à la viande de bœuf supportèrent l'inanition, quarante-sept, cinquante-cinq et soixante-dix jours.

Le 12 mai, les différences signalées plus haut se montraient toujours dans le même sens, mais celles existant entre les têtards nourris par les deux espèces de viande s'étaient accentuées.

Depuis lors, tous les têtards élevés dans le vase B sont morts sans avoir subi aucune métamorphose; ce qui prouve que la substance gélatineuse qui enveloppe l'œuf de grenouille, ce lait du jeune têtard, est insuffisante pour le conduire à l'état parfait.

Quant à ceux du vase A; les résultats n'ont pas été plus réjouissants: aucun d'eux n'a pris les pattes postérieures, ils sont morts dans l'insuffisance du régime végétal.

Par contre, les métamorphoses ont été obtenues en grand nombre dans les trois autres vases. Les premières petites grenouilles se sont montrées parmi les têtards nourris à la viande de bœuf, puis parmi ceux alimentés par la viande de poisson, et enfin parmi ceux qui avaient reçu pour nourriture exclusive le blanc d'œuf coagulé.

Dans chacun de ces vases, M. Yung a noté des différences individuelles touchant au sexe, à la taille, à la proportion des monstres, etc. Elles feront l'objet d'une autre communication.

Pour le moment, M. Yung conclut :

1° Que les têtards de grenouille issus d'une même ponte se développent très différemment selon la nourriture qu'on leur accorde ;

2° Que les aliments qu'il a expérimentés avantagent le développement dans l'ordre suivant : viande de bœuf, viande de poisson, albumine d'œuf de poule coagulée, substance albuminoïde de l'œuf de grenouille, substances végétales (algues);

3° Que pour ce qui concerne ces deux dernières substances, elles sont insuffisantes pour transformer le têtard en grenouille ;

4° Que, contrairement à une opinion générale, une substance purement albumineuse, telle que le blanc d'œuf, suffit au têtard de grenouille pour ses transformations.

M. le Dr Du Plessis, d'Orbe, présente à la section l'histoire des métamorphoses de la Cassiopée bourbonnienne,

Cassiopea (*Cotylorhiza*) *borbonica* D. C. du golfe de Naples. Il a constaté, il y a plusieurs années déjà, à Villefranche-sur-mer, que cette belle Méduse dépose une quantité d'œufs qui se transforment en quelques heures en *Planules,* et plus tard en *Scyphistomes.* Ce sont là les deux premiers stades de la génération alternante *scissipare.*

Les deux derniers stades, soit la transformation des Scyphistomes en Strobiles segmentés et du Strobile en Ephyres libre-nageuses, ont été retrouvés par M. Du Plessis à Naples, dans les bassins du grand aquarium et dans les bassins d'écoulement du premier étage.

M. Du Plessis a pu ainsi reprendre ses observations au point où il les avait laissées à Villefranche. Il a recueilli sur les pierres des Scyphistomes identiques à ceux de Villefranche, et dans le mois d'octobre il a vu ces Scyphistomes se transformer en grands *Strobiles* qui ont fourni une quantité d'*Ephyres* transparentes et d'un jaune-clair.

M. Du Plessis a fait pondre dans un bocal à la station de Naples, une grande Cassiopée; il a vu ses œufs se transformer en Scyphistomes semblables en tous points à ceux du grand aquarium. Il en conclut que la Cassiopée bourbonnienne se reproduit comme l'*Aurelia aurita,* par génération alternante, *scissipare,* et parcourt successivement les quatre stades de *Planula, Scyphistoma, Strobila* et *Ephyra.*

M. Du Plessis accompagne sa communication de photographies exécutées d'après nature et qui représentent les différentes stades de l'évolution.

M. Du Plessis ajoute que les Ephyres si communes en octobre dans les aquariums de la station ne peuvent nullement appartenir au *Rhizostoma pulmo* ou *Aldrovandi*

dont la larve est tout à fait différente. Il en fait circuler la gravure ainsi que celle de l'Ephyre de la Pélagie.

M. le Dr J. HALLER de Berne communique le résultat de ses recherches sur les organes buccaux des Acariens et fait circuler des planches à l'appui; ce travail paraissant, *in extenso,* dans le numéro 88, année 1881, du « Zoologischer Anzeiger » de Victor Carus, l'auteur juge inutile d'en redonner un extrait ici.

M. VOGT parle de quelques phénomènes particuliers que présente la vie animale dans le désert du Sahara.

Il insiste d'abord sur l'adaptation des couleurs. Le désert, qu'il a visité dernièrement, ne présente sur toute son étendue immense qu'une seule couleur terrestre : celle du sable. C'est une teinte jaunâtre, tantôt tirant vers le gris et le blanc, tantôt plus foncée ou brunâtre. Ce n'est que dans les oasis, clairsemés en général, que le vert uniforme des dattiers fait diversion; partout ailleurs la végétation ne se fait pas remarquer, les plantes rares, à feuilles grisâtres, étant couvertes par le sable.

Or, ce qui frappe le naturaliste arrivant des zones du littoral, où les plantes toujours vertes dominent, c'est l'absence de toutes couleurs vives, rouges, vertes et bleues chez les animaux habitant le désert. Sauf quelques exceptions, tous les animaux, depuis les mammifères jusqu'aux invertébrés, présentent des teintes qui se rapprochent de celles du terrain. Le blanc et le noir existent chez quelques animaux qui ne craignent pas des ennemis ou qui doivent même les attirer, comme par exemple l'autruche mâle, qui attire par ses plumes blanches et noires la vue; tandis que la femelle et les poussins trouvent une certaine protection dans leur robe brunâtre pommelée. Cette adaptation est surtout remarquable chez les oiseaux, les

reptiles, les sauterelles, etc. Dans la région des plantes toujours vertes, les espèces sont parées des couleurs les plus vives; dans le désert, les espèces correspondantes sont jaunâtres ou grisâtres.

M. Vogt présente à la section un *Uromastix acanthinurus* (Debb des Arabes) qu'il a rapporté vivant de Biskra. Dans l'obscurité, cet animal a une couleur sombre, d'un gris foncé sale, semblable à celle de certaines ardoises, avec des marbrures indécises plus foncées. Exposé au soleil, l'*Uromastix* devient toujours plus clair, et à la fin il a une teinte d'un blanc jaunâtre sale, avec de petites taches rondes d'un noir foncé. Dans cet état, la couleur et le dessin de sa robe ressemblent, à s'y méprendre, à un sable fin mêlé de petits grains noirs.

Une seule catégorie d'insectes fait exception : ce sont les Coléoptères. Sauf quelques rares espèces qui se tiennent sur les fleurs, les Coléoptères sont noirs. Les Mélasomes pullulent; mais aussi les Carabes sont noirs et les Buprestes, si brillants lorsqu'on les regarde de près, paraissent noirs à quelque distance. Comment expliquer cette exception? M. Vogt rappelle que tous ces Coléoptères ont une odeur désagréable, des élytres très bombés, le corselet et la tête inclinés vers la terre, et que tous font les morts dès qu'ils sentent l'approche du danger. Or, dans cet état contracté, ils ressemblent entièrement aux excréments des gazelles, des chèvres et des moutons. On peut donc admettre que cette ressemblance, jointe à la mauvaise odeur, leur sert comme protection efficace contre les attaques de leurs ennemis.

En second lieu, M. Vogt parle des animaux qui sont amenés à la surface par les eaux des puits artésiens. Ce sont surtout des poissons (*Cyprinodon calaritanus, Barbus*

callensis, etc), mais aussi des crabes, des larves d'insectes, etc. M. Vogt a eu l'occasion de pouvoir examiner une collection nombreuse de ces habitants de la nappe souterraine, apportée à Biskra par M. Sus, chef des forages dans le Sahara.

Or, ce qui frappe d'abord, c'est qu'aucun de ces animaux ne porte les caractères des êtres habitant des cavernes et des eaux souterraines. Tous ont des yeux parfaitement développés et des teintes accusées. En les comparant aux habitants des eaux superficielles, on n'y trouve aucune différence; ce sont absolument les mêmes espèces. M. Vogt venait de pêcher des *Cyprinodon calaritanus* dans le ruisseau formé par les fontaines chaudes à quelques kilomètres de Biskra ; ces petits poissons vivent dans ces eaux à une température de près de 40° centigrades; en les mettant à côté des individus vomis par les puits artésiens, on ne pouvait les en distinguer.

Ces faits, faciles à vérifier, mènent nécessairement à la conclusion, que ces animaux ne vivent que temporairement dans les eaux souterraines; à l'obscurité desquelles ils n'ont pu s'adapter par une longue suite de générations. L'identité absolue des individus cueillis à la surface dans les eaux courantes avec ceux vomis par les puits artésiens prouve que le séjour dans la profondeur n'est qu'une phase relativement courte dans la vie d'un certain nombre de ces êtres.

Ce fait, si anormal en apparence, s'explique lorsqu'on étudie l'hydrographie du Sahara dans sa partie orientale où sont creusés les puits artésiens. Les courants d'eau qui descendent de la chaîne des Aurès au nord, et des montagnes habitées par les Touaregs au sud tendent tous vers la grande dépression occupée par les Chotts Mel-

ghir et Djerid, que l'on voudrait utiliser pour l'établissement d'une mer intérieure. Mais la plupart de ces ruisseaux n'atteignent pas les Chotts; ils se perdent, comme on dit, dans le sable et tarissent complètement en été. En réalité, ces ruisseaux s'ingurgitent en partie dans des entonnoirs appelés « Bahrs » par les Arabes. Ces bahrs, ouverts aussi longtemps que les ruisseaux coulent à pleins bords mettent en communication la nappe souterraine avec les eaux superficielles. Lorsque les ruisseaux diminuent, les eaux s'y engagent en entier ; en été, pendant la sécheresse, les bahrs sont recouverts par les sables. Les poissons, crabes, etc., descendent donc dans la nappe souterraine en suivant le cours des eaux ; ils remontent lorsque la communication est rétablie. Le séjour dans les nappes souterraines n'est donc qu'une villégiature par laquelle ces animaux continuent leur existence compromise par les sécheresses. Les puits artésiens sont des barbs artificiels; les animaux y remontent en suivant le courant ascensionnel qui les porte à la surface.

M. le Dr C. Keller montre le crâne et les membres du *Ceratodus Forsteri,* ce singulier poisson de l'ordre des Dipnoi, découvert il y a une dizaine d'années, en Australie.

Le crâne de ce vertébré, que l'on doit considérer comme très ancien au point de vue généalogique, offre une persistance d'une grande partie du crâne primitif; on y trouve toutefois plusieurs os déjà réunis par des sutures. A la base du crâne, on voit un basisphénoïde. La dentition offre un intérêt spécial en ce qu'elle correspond à celle des Ceratodus fossiles. Outre les quatre dents maxillaires, il existe sur le cartilage du vomer deux dents incisives costriformes qui sont soudées l'une avec l'autre, mais ne

sont point implantées dans des alvéoles. Cette dentition a ses affinités principales avec celle des Ctenodipterini des époques anciennes.

Les extrémités restent complètement cartilagineuses. On y observe une rangée principale de bâtonnets cartilagineux, et des séries latérales disposées comme les barbes d'une plume. On peut conclure par conséquent que, parmi toutes les formes actuellement vivantes, le Ceratodus présente, au point de vue de ses extrémités, l'état qui se rapproche le plus de celui que les anatomistes désignent sous le nom de Archipterygium.

Le Dr Asper communique quelques recherches sur la profondeur à laquelle pénètrent dans l'eau les rayons lumineux. A la suite de ses expériences, faites avec du papier albuminé, le prof. Forel, de Morges, avait fixé à 40 mètres la limite de pénétration. M. Asper a fait dans le lac de Zurich des essais analogues au moyen d'une méthode un peu différente : il a employé des plaques photographiques dites *plaques d'émulsion*, bien autrement sensibles que le papier albuminé et les a plongés dans la nuit du 3 août 1881 à des profondeurs de 40, 50, 60, 70, 80, 90 mètres ; elles ont été retirées après un séjour de 24 heures dans l'eau, puis traitées par l'oxalate de fer. Toutes les plaques, sans exception, avaient été fortement influencées par la lumière et de cette expérience il ressort évidemment que les rayons chimiques pénètrent dans l'eau claire jusqu'au moins à 90 mètres de profondeur.

M. le Dr Asper expose ensuite une série de photographies de poissons suisses qu'il pense de nature à être utilisées pour l'enseignement.

M. le prof. Luchsinger, de Berne, a parlé de quelques

conditions de la production des contractions rhythmiques des veines dans la membrane de l'aile des chauve-souris. Il montre que la paroi du cœur et celle des vaisseaux sanguins obéissent aux mêmes lois fondamentales, non seulement en morphologie, mais aussi en physiologie. Les pulsations rhythmiques d'une paroi de vaisseau donnent un appui à cette opinion. Mais alors il faut que le siège de l'excitation soit dans la paroi contractile quand il s'agit d'un vaisseau aussi bien que quand il s'agit du cœur. Tel est, en effet, le cas, contrairement à une assertion de M. Schiff, car si l'on coupe toutes les veines du bras, elles continuent néanmoins à battre. La fréquence et la force de la pulsation n'en sont presque pas affectées.

Pour être sûr d'interrompre toutes les communications avec les centres nerveux, il suffit d'amputer le bras. La veine continue à battre aussi longtemps que le sang en tient les parois gonflées. Si l'on entretient artificiellement un courant sanguin, on peut encore observer le lendemain des pulsations vigoureuses. Et cette méthode nous apprend encore quelque chose de plus : Elle montre que la pression sanguine est la principale cause déterminante du rhythme. Si la pression dans la bouteille de sang tombe à zéro, la pulsation s'arrête bientôt, mais reparaît lorsque la pression est rétablie.

Mais si le système nerveux central n'est pas indispensable pour le rhythme des veines, il ne s'ensuit pas qu'il soit sans aucune influence sur la marche du phénomène. Tout au moins l'excitation des nerfs cubital et médian accélère et renferme notablement les battements du cœur. Il resterait à rechercher si à côté de ces fibres nerveuses accélératrices il en est aussi de modératrices. L'existence en ce point de fibres nerveuses antagonistes ne manque-

rait pas de présenter de grandes difficultés à l'expérimentateur, mais leur découverte serait de la plus grande importance pour la physiologie du cœur. Il faudrait, en outre, examiner l'influence de divers poisons, ceux surtout dont l'action s'étend à la fois au cœur et aux parois des vaisseaux, tels que l'éther, la digitaline, la nicotine. La facilité des observations, la clarté des phénomènes recommandent certainement cet objet pour de nouvelles séries d'expériences.

M. le prof. Ph. STUDER, de Berne, présente quelques observations sur l'*Epigonictys cultellus*. La direction n'a reçu aucune analyse de ce mémoire.

Médecine.

M. le Dr BIRCHER, médecin de l'hôpital d'Aarau, a présenté aux sections réunies de médecine, de zoologie et de géologie un travail sur l'extension de la surdi-mutité en Suisse et sur ses relations avec le goître et le crétinisme. Il a commencé par esquisser à grands traits la configuration géologique de notre pays : les Alpes avec de grandes vallées, composées surtout de roches cristallines, carbonifères, triasiques, jurassiques, crétacées et éocènes ; le Jura, formé surtout de lias et de roches jurassiques avec des vallées plus étroites, où se rencontrent la molasse, le terrain crétacé; le plateau central, formé surtout de molasse (eau douce inférieure à l'Est, marine au milieu, eau douce supérieure à l'Ouest) recouverte par places de dépôts erratiques. L'auteur cherche à démontrer que certaines de ces formations ont sur les habitants une influence délétère. L'examen des écoliers du district d'Aarau, celui des recrues ont montré que la scrofule

est tout à fait indépendante du sol, mais que le goître paraît directement influencé par les formations triasique et molassique. Ces faits sont démontrés d'une manière graphique par les cartes du canton (l'une entre autres publiée par Michaelis, en 1843), sur lesquelles on constate une véritable endémie de goître, de crétinisme et aussi de surdi-mutité dans toutes les localités bâties sur le trias ou la molasse. Les résultats du recensement de 1870 conduisent à des conclusions analogues.

Appuyé sur ces dossiers, l'auteur a étendu son travail à la Suisse entière et montre la surdi-mutité régnant à l'état endémique partout ou affleurent le trias, la molasse marine et aussi à un moindre degré l'éocène (flysch et nummulitique). Certaines vallées, particulièrement affectées du Valais et des Grisons (Lagnetz, Domleschg) échappent à ce travail, leur constitution géologique étant imparfaitement connue. Partout en Suisse, comme dans le canton d'Argovie spécialement, le goître est endémique dans les mêmes régions que la surdi-mutité, et dans l'hospice d'Aarau 80 °/₀ des sourds-muets sont également goîtreux.

Le rapport présenté par M. Baillager, au nom de la Commission française d'enquête sur le goître, concluait à rattacher le goître et le crétinisme au même principe de dégénérescence de la race. M. Bircher adopte cette manière de voir, en y ajoutant de plus la surdi-mutité; il formule donc sa théorie en ces termes : « Le goître, la surdi-mutité et le crétinisme ne sont que des manifestations différentes d'un seul et même principe de dégénérescence de la race, principe qui, en Suisse, est endémique sur les formations triasique, de molasse marine et éocène.

L'auteur a l'intention de poursuivre les recherches sur

la cause de cette dégénérescence et s'efforcera de découvrir le miasme qui en est l'origine. Comme conclusion pratique, on peut dès à présent insister sur la convenance de construire des hospices de sourds-muets et de crétins en dehors des terrains infectés.

M. le Dr BRUGGISSER, de Wohlen, expose à la section de médecine un monstre humain (*Diprosopus*) né à Wohlen, en décembre 1880. Cet enfant, du sexe féminin, qui a respiré pendant 12 heures, a un corps simple et normalement constitué, surmonté d'une tête double avec deux visages complets; 2 mentons, 2 bouches, 2 nez, 4 yeux, 2 fronts, 2 grandes et 2 petites fontanelles, et seulement 2 oreilles. La configuration du crâne permet de supposer qu'il y a deux cavités craniennes et deux cerveaux. L'anatomie du sujet n'a pas encore été faite. Après quelques symptômes d'éclampsie, la mère s'est complètement remise.

La section de médecine a encore entendu les communications suivantes dont aucune analyse n'est parvenue à la Direction :

Dr LUCHSINGER, de Berne. Une série d'expériences pharmacologiques.

Dr BIRCHER, d'Aarau. Sur un cas d'extirpation de l'utérus.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ZOOLOGIE

O.-C. Marsh. Restoration of Dinoceras mirabile. Reconstitution du Dinoceras mirabile. (*American Journal of Science*, nº 127, vol. XXII. Juillet 1881, p. 31, pl. II.)

Le singulier ordre de mammifères fossiles auquel M. Marsh a donné le nom de *Dinocerata* comprend trois genres bien distincts qui sont les *Dinoceras* Marsh, *Tinoceras* Marsh et *Uintatherium* Leidy. L'espèce typique qui a servi de point de départ pour l'étude de ce groupe est le *Dinoceras mirabile* Marsh, dont les os sont à peu près tous connus et qui a pu être reconstitué d'une manière très complète. Les caractères les plus importants qu'a révélés le squelette de ce gigantesque Ongulé sont les suivants :

1° Rien, dans le crâne, ne fait supposer l'existence d'une trompe que les proportions du cou et des membres antérieurs rendaient d'ailleurs inutile.

2° La paire de protubérances qui s'élève sur les pariétaux et celle des maxillaires a une surface semblant indiquer que l'on a affaire à des axes osseux ayant été revêtus d'un tégument durci qui formait peut-être de vraies cornes, comme celles de l'*Antilocapra americana*. Au contraire, les petits tubercules des os nasaux sont ordinairement lisses et ne devaient probablement pas porter de cornes. Les trois paires de protubérances se rencontrent dans les deux sexes, mais sont proportionnellement plus petites chez les femelles.

3° Des canines en forme de défenses sont communes aux

deux sexes ; celles des mâles sont seulement plus grandes et plus puissantes.

4° La saillie spéciale du maxillaire inférieur était évidemment destinée à recevoir et à garantir les défenses. Elle était moins développée chez les femelles que chez les mâles.

5° Le sternum est composé de segments aplatis et horizontaux, se distinguant par conséquent de ceux à forme comprimée et verticale des Périssodactyles.

Le *Tinoceras grande* Marsh ressemblait au *Dinoceras mirabile* pour ses proportions générales, mais était de beaucoup plus grande taille. Cet animal provient d'un horizon supérieur à celui dans lequel ont été rencontrés les Dinoceras. C'est le genre le plus spécialisé du groupe.

Les *Uintatherium*, qui constituent le plus ancien des trois genres de Dinocerata, sont moins bien connus que les précédents. Ils semblent représenter la forme la plus généralisée de l'ordre.

A. H.

Dr Ed. Bugnion. L'Ankylostome duodénal et l'anémie du Saint-Gothard. 62 p. 8° et 1 pl. (Extrait de la *Revue médicale de la Suisse romande* ; nos 5 et 7. Genève, 1881.)

Le travail de M. le Dr Bugnion est un résumé complet de ce que l'on sait au point de vue zoologique et médical sur le parasite qui a exercé de si grands ravages parmi les ouvriers employés dans le tunnel du St-Gothard.

Ce nématoïde a été découvert à Milan en 1838. On l'a retrouvé dans plusieurs autres parties de l'Italie et jusqu'en Sicile; il a été aussi observé à Vienne, mais sur un sujet qui l'avait probablement rapporté d'Italie. Il est d'une abondance extrême en Égypte. On l'a rencontré aussi en Abyssinie et aux Comores. Il existe dans l'Inde et probablement aux îles de la Sonde. En Amérique, sa présence a été constatée à Rio Janeiro, à Cayenne et aux Antilles. Maintenant que les effets produits par sa présence sont bien connus, il n'y a pas de doute qu'on le découvre dans plusieurs autres contrées.

C'est seulement en février 1880 que MM. Colomiatti et

Perroncito trouvèrent pour la première fois l'Ankylostome chez un ouvrier du tunnel, mort à l'hôpital de Turin avec tous les symptômes d'une anémie pernicieuse. Ils récoltèrent plus de 1500 individus de ce terrible helminthe dans le duodenum et le jejunum du sujet en question. Depuis lors, on a réuni des observations sur au moins 70 cas dans lesquels la présence de l'ankylostome a été constatée chez des ouvriers se trouvant dans les mêmes conditions. Mais le nombre des individus dont la santé a été compromise par cet hôte dangereux doit être beaucoup plus considérable; en effet, M. Bozzolo a trouvé des œufs d'ankylostome dans les selles de *tous les ouvriers du tunnel qu'il a examinées, sauf une seule exception.*

M. Bugnion décrit la structure de l'ankylostome duodénal et expose ce que l'on sait de l'histoire du développement de ce ver et des espèces qui en sont voisines. Ce dernier chapitre est important à consulter comme donnant des indications sur les mesures prophylactiques à adopter contre l'invasion du parasite. Celui-ci est d'une fécondité prodigieuse; mais ses œufs ne se développent heureusement pas dans le sujet qui l'héberge. D'autre part, cette espèce ne subit pas de migrations proprement dites; sa larve, qui a commencé son développement dans les excréments ou la terre humide, est introduite directement dans l'intestin avec des eaux malpropres

Nous ne voulons pas parler ici de ce qui a trait aux symptômes que présentent les malades et à l'anatomie pathologique des organes affectés. Disons seulement que M. Bugnion discute soigneusement le diagnostic de l'ankylostomasie et facilite la tâche des médecins appelés à l'observer, en faisant ressortir d'une manière comparative les caractères qui distinguent les œufs de l'ankylostome de ceux des autres helminthes parasites de l'homme. Enfin, on trouve l'indication des vermifuges employés et des résultats qu'ils ont donnés.

Un petit chapitre annexe est consacré aux *Anguillula stercoralis* et *A. intestinalis* qui ont été aussi observées par le professeur Perroncito dans les déjections des ouvriers du St-Gothard. En Cochinchine, l'*A. stercoralis* peut se déve-

lopper par millions; elle envahit les conduites biliaires et pancréatiques, et cause des désordres très graves. Au St-Gothard, les deux nématoïdes en question ne paraissent pas avoir été abondants et leur action a dû être peu marquée.

Le mémoire de M. Bugnion dispensera de consulter les 99 travaux cités dans la liste bibliographique. Avec la planche qui y est jointe et les figures intercalées dans le texte, on a tout ce qu'il faut pour étudier les caractères de l'ankylostome. A. H.

BOTANIQUE

Chr.-G. Brugger. Beobachtungen ueber wildwachsende Pflanzenbastarde... Observations sur les hybrides spontanés de la flore suisse. (Extrait du *Jahres-Bericht der Naturforsch. Gesell. Graubündens*, XXIII-XXIV, 1878-80, 123 p.)

M. Brügger remarque avec justesse que l'étude des hybrides n'a jusqu'à présent pas attiré suffisamment l'attention dans les flores locales (divers travaux récents montrent toutefois que beaucoup d'observateurs s'occupent de cet important sujet). Ces formes intermédiaires joueront un rôle particulièrement important dans une flore comme celle des Alpes dans laquelle les plantes vivaces abondent et se multiplient beaucoup par bourgeonnement. Un hybride une fois formé acquiert ainsi des chances de durée bien plus considérables.

M. Brügger s'est occupé de ce sujet depuis trente ans et il a étendu ses recherches aux cantons de la Suisse orientale et aux régions voisines de l'Allemagne. Le catalogue qu'il offre aujourd'hui au public énumère 145 hybrides bien caractérisés, appartenant aux familles les plus diverses. Celles qui ont fourni le plus fort contingent sont les Composées avec 98 formes hybrides, les Salicinées 30, les Rosacées 28, les Cypéracées 23 et les Renonculacées 18. Les genres les plus fortement représentés sont les suivants : Hieracium 36, Salix 30, Cirsium 22, Carex 22, Potentilla 12, Epilobium 12.

Les familles dicotylédones polypétales sont traitées d'une manière beaucoup plus complète et accompagnées de nombreuses observations; pour les autres, M. Brügger n'a donné qu'un simple catalogue avec indications de localités. M. M.

B. Wartmann et Th. Schlatter. Kurze Uebersicht.... Énumération des plantes vasculaires des cantons de St-Gall et d'Appenzell. (1[er] cahier. St-Gall, 1881.)

Le territoire embrassé par MM. Wartmann et Schlatter, dans leur énumération, comprend les cantons de St-Gall et d'Appenzell, représentant ensemble une superficie de 2439 kilomètres carrés et offrant des altitudes qui varient de 396 à 3249 mètres au-dessus de la mer. Les publications relatives à cette partie du territoire suisse étaient relativement peu nombreuses, et le travail complet et consciencieux de MM. Wartmann et Schlatter renfermera sans doute des données intéressantes sur la géographie botanique de cette région. La première partie de cette énumération s'étend des Renonculacées aux Loranthacées. M. M.

Louis Leresche et Émile Levier. Deux excursions botaniques dans le nord de l'Espagne et le Portugal en 1878 et 1879. (Lausanne, 1880, 196 p., 9 pl.)

Cet opuscule renferme un récit fort intéressant de deux excursions botaniques faites par les auteurs, en compagnie de M. Edm. Boissier, en Espagne et en Portugal. La région parcourue avec le plus de soin et par conséquent le mieux décrite est la chaîne peu connue de Picos de Europa, entre Santander et Oviedo, dans les Asturies. Cette région, laissée en dehors de l'itinéraire de beaucoup de voyageurs, récompense amplement la fatigue des explorateurs. Le reste du voyage comprend un certain nombre d'excursions dans la province de

Léon, en Portugal, dans la Sierra de Gredos, entre le Portugal et Madrid, et dans la Sierra de Guadarrama, au nord de Madrid. Le récit du voyage est entrecoupé de nombreuses observations de géographie botanique, et de descriptions d'espèces nouvelles ou mal connues. La plupart de ces dernières sont figurées dans des planches bien exécutées. Ce sont : *Pimpinella siifolia*, Leresche ; *Saxifraga conifera*, Cosson ; *Saxifraga canaliculata*, Boiss. et Reut. ; *Genista carpetana*, Leresche ; *Anemone Pavoniana*, Boiss. ; *Aquilegia discolor*, Levier et Leresche ; *Campanula acutangula*, Levier et Leresche ; *Campanula adsurgens*, Levier et Leresche. M. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1881.

Le 1er, à 7 h. $^1/_2$ du soir, éclairs et tonnerres du côté de l'Ouest; l'orage reste éloigné; éclairs de ce côté toute la soirée.

3, rosée le matin.

4, hâle toute la journée.

5, dans la nuit du 4 au 5, à minuit 35 m., secousse de tremblement de terre; hâle dans la journée.

12, hâle dans la journée.

17, fort vent du SO. dans la nuit et dans la matinée.

19, rosée le matin, éclairs à l'Ouest et au Nord toute la soirée.

20, éclairs et tonnerres dans la nuit, et jusqu'à 6 h. $^1/_2$ du matin.

21, rosée le matin; de 2 h. à 3 h. après-midi, éclairs et tonnerres à l'Ouest; éclairs à l'Est dans la soirée.

22, éclairs toute la soirée.

23, à 6 h. du matin, tonnerres à l'Est; à 9 h. du matin, un second orage éclate, éclairs et tonnerres au sud et à l'Est, éclairs toute la soirée.

24, à 4 h. du matin éclate un orage violent venant du SO.; fortes décharges électriques accompagnées de la chute de gros grêlons. Jusqu'à 9 h. $^1/_4$ du matin les nuages orageux se succèdent. Fortes seiches cè jour, vers midi la variation du niveau de l'eau a été de 32 centimètres dans 15 minutes.

26, rosée le matin.

29, forte rosée le matin.

30, id.

31, éclairs et tonnerres de 10 h. à 10 h. $^3/_4$ du matin; l'orage passe du SO. au NE., et il est accompagné d'une averse très forte qui a donné $19^{mm},4$ dans 45 minutes. Un second orage éclate au Sud de 2 h. à 3 h. $^1/_2$.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 8 h. matin..........	734,53	Le 9 à 6 h. matin..........	723,43
11 à 8 h. matin..........	730,32	14 à 6 h. matin..........	721,29
15 à 10 h. soir............	726,70	17 à midi................	718,34
21 à 10 h. soir............	728,09	23 à 6 h. soir............	720,24
24 à 10 h. soir............	729,27	27 à 2 h. après midi......	720,78
29 à 8 h. matin..........	734,00		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	726,32	— 1,60	+26,85	+ 8,08	+20,2	+33,4	12,50	+1,58	502	—180	320	690	...	...	SSO. 1	0,24	17,6	— 1,1	206,0
2	730,12	+ 2,19	+24,29	+ 5,55	+18,6	+30,1	9,51	—1,40	467	—215	210	610	...	...	OSO. 1	0,14	17,4	— 1,3	207,0
3	733,01	+ 5,07	+20,77	+ 2,07	+12,6	+27,1	10,42	—0,49	590	— 93	380	740	...	...	NNE 1	0,00	18,7	— 0,1	207,5
4	733,61	+ 5,66	+21,03	+ 2,36	+13,8	+27,2	12,21	+1,30	670	— 14	490	830	...	...	N. 1	0,02	20,4	+ 1,6	206,8
5	731,44	+ 3,49	+21,94	+ 3,31	+14,9	+28,1	14,05	+3,15	723	+ 37	510	890	...	...	N. 1	0,00	21,3	+ 2,5	206,6
6	730,30	+ 2,34	+26,65	+ 8,06	+19,4	+34,9	10,25	—0,64	446	—241	250	710	...	...	variable	0,03	21,5	+ 2,7	205,0
7	729,32	+ 1,36	+23,64	+ 5,09	+16,8	+29,1	12,25	+1,37	581	—107	410	740	...	...	variable	0,01	...	.....	205,0
8	726,17	— 1,79	+24,85	+ 6,35	+15,6	+33,1	9,73	—1,14	465	—225	210	820	...	...	variable	0,39	22,4	+ 3,6	205,3
9	724,53	— 3,44	+22,82	+ 4,37	+20,0	+28,0	9,82	—1,04	510	—181	380	570	...	...	OSO. 2	0,47	21,1	+ 2,3	204,8
10	727,88	— 0,09	+19,73	+ 1,33	+16,7	+24,1	8,33	—2,52	523	—170	350	730	...	...	SSO. 2	0,41	15,2	— 3,6	204,2
11	729,52	+ 1,55	+20,42	+ 2,07	+16,8	+26,0	8,00	—2,84	490	—204	270	710	...	...	N. 1	0,18	15,4	— 3,4	202,8
12	726,67	— 1,30	+20,08	+ 1,79	+10,8	+28,4	8,19	—2,63	494	—202	280	700	...	...	variable	0,13	15,0	— 3,8	202,0
13	721,75	— 6,22	+17,55	— 0,68	+13,9	+24,1	10,31	—0,50	722	+ 24	400	940	1,5	3	variable	0,98	16,4	— 2,4	200,7
14	722,04	— 5,93	+17,70	— 0,47	+14,2	+23,0	6,47	—4,33	483	—217	170	930	...	...	variable	0,52	...	.....	198,0
15	725,73	— 2,23	+15,28	— 2,82	+10,1	+21,1	6,59	—4,19	544	—157	370	760	...	...	variable	0,59	16,5	— 2,3	196,7
16	724,52	— 3,44	+15,52	— 2,51	+ 9,1	+21,9	8,56	—2,20	676	— 27	350	900	1,3	2	SSO. 2	0,98	17,2	— 1,6	193,0
17	719,18	— 8,77	+16,44	— 1,52	+15,0	+19,2	12,03	+1,28	884	+179	650	940	19,6	19	SSO. 2	1,00	12,7	— 6,1	192,3
18	723,43	— 4,52	+16,96	— 0,93	+13,9	+21,7	8,89	—1,84	652	— 56	430	780	...	...	SO. 1	0,51	9,2	— 9,6	195,9
19	726,39	— 1,55	+18,90	+ 1,09	+ 9,3	+28,7	10,20	—0,50	649	— 61	330	920	...	...	SO. 1	0,46	11,5	— 7,3	196,0
20	726,54	— 1,39	+19,51	+ 1,78	+16,4	+24,7	14,56	+3,88	873	+161	680	980	0,5	1	NNE. 1	0,61	16,1	— 2,6	200,5
21	726,13	— 1,79	+21,26	+ 3,61	+17,7	+25,8	13,74	+3,08	750	+ 36	580	900	0,5	1	SSO. 1	0,80	...	.....	197,5
22	725,63	— 2,28	+19,57	+ 2,00	+16,1	+23,5	11,59	+0,96	709	— 7	490	850	...	...	NE. 1	0,60	15,9	— 2,8	198,0
23	722,33	— 5,57	+19,05	+ 1,57	+16,1	+22,8	13,94	+3,33	863	+144	720	930	0,2	1	variable	0,93	18,5	— 0,1	197,0
24	727,41	— 0,48	+16,68	— 0,71	+14,0	+22,0	11,13	+0,55	816	+ 95	560	980	15,2	6	S. 1	0,88	19,0	+ 0,4	203,0
25	727,83	— 0,05	+17,36	+ 0,06	+11,5	+24,0	9,15	—1,40	657	— 67	390	870	...	...	variable	0,03	17,9	— 0,7	203,0
26	724,30	— 3,57	+20,29	+ 3,08	+11,2	+29,0	10,76	+0,24	648	— 78	290	930	...	...	variable	0,17	18,9	+ 0,4	205,0
27	721,77	— 6,08	+15,63	— 1,48	+13,2	+22,2	12,67	+2,18	972	+243	760	1000	...	...	variable	1,00	18,7	+ 0,2	204,3
28	728,82	+ 0,98	+11,57	— 5,44	+ 9,7	+16,0	9,23	—1,23	927	+196	710	990	38,6	14	variable	0,78	...	.....	214,0
29	733,00	+ 5.18	+13,20	— 3,71	+ 6,9	+18,9	8,10	—2,33	745	+ 11	400	1000	32,7	11	N. 1	0,09	18,6	+ 0,2	218,3
30	728,37	+ 0,57	+17,55	+ 0,75	+ 7,9	+24,4	9,90	—0,50	676	— 60	440	970	...	...	SSO. 1	0,38	18,9	+ 0,5	217,6
31	725,22	— 2,56	+14,92	— 1,78	+12,0	+19,5	10,97	+0,61	907	+168	730	960	22,5	4	SSE. 1	0,84	17,3	— 1,0	216,8

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,63	729,92	729,83	729,26	728,87	728,51	728,46	728,92	729,37
2e »	724,86	724,90	724,74	724,51	724,32	724,10	724,22	724,70	725,07
3e »	726,73	726,86	727,06	726,58	725,85	725,86	725,72	726,32	726,56
Mois	727,06	727,22	727,20	726,78	726,33	726,15	726,12	726,64	726,99
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+18,21	+22,61	+24,88	+27,09	+28,47	+28,28	+26,83	+23,73	+21,45
2e »	+13,90	+17,75	+19,90	+21,58	+22,12	+21,64	+19,88	+17,76	+16,85
3e »	+13,84	+16,40	+18,44	+19,68	+20,74	+20,45	+19,76	+17,38	+16,17
Mois	+15,27	+18,84	+20,99	+22,68	+23,68	+23,36	+22,08	+19,55	+18,09
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,07	11,94	11,25	11,01	10,24	10,84	10,70	11,08	11,01
2e »	9,73	9,77	8,86	9,43	9,08	9,14	9,48	9,77	10,14
3e »	10,63	11,44	11,46	11,47	10,91	10,48	10,99	11,67	11,08
Mois	10,48	11,06	10,56	10,66	10,10	10,16	10,41	10,87	10,75
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	713	586	485	420	365	385	414	512	578
2e »	814	640	518	501	474	492	556	649	705
3e »	895	818	731	686	618	616	657	790	812
Mois	810	686	583	541	490	502	546	655	702

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 16,86	+ 29,51	0,17	+ 19,51	0,0	205,82
2e »	+ 12,95	+ 23,88	0,60	+ 14,44	22,9	197,79
3e »	+ 12,39	+ 22,55	0,59	+ 18,19	109,7	206,77
Mois	+ 14,01	+ 25,23	0,46	+ 17,38	132,6	203,57

Dans ce mois, l'air a été calme 1,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,62 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 49°,6 O. et son intensité est égale à 27,9 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1881.

Le 1er, de 8 h. à 9 h. du soir, orage avec fréquents éclairs et coups de tonnerre.
10, brouillard vers 8 h. du soir.
13, pluie dans la soirée, la quantité tombée n'est pas notée.
14, brouillard le matin et le soir, forte bise.
15, brouillard tout le jour, forte bise.
16, pluie depuis midi.
17, pluie tout le jour.
18, pluie le matin; puis brouillard, surtout le soir.
20, de 5 h. à 5 h. $^1/_2$ du matin, éclairs et tonnerres ; la pluie dure jusqu'après 8 h.
21, vers 6 h. $^1/_2$ du soir, éclairs et tonnerres avec une chute de grêle qui dure quelques minutes.
22, fort vent du SO. ; brouillard le soir.
23, orage assez violent de 8 h. $^1/_2$ à 9 h. du matin, brouillard tout le jour par un fort vent du SO.
24, pluie et brouillard jusqu'à 3 h. après midi.
26, brouillard le soir.
27, brouillard le matin ; pluie abondante depuis 10 h. du matin, qui se change en neige depuis 10 h. du soir, fort vent du SO. surtout le matin.
28, neige le matin, puis brouillard le reste du jour, très forte bise pendant toute la journée.
29, brouillard le matin.
31, pluie, neige et brouillard depuis midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. soir	575,17		
		Le 10 à 6 h. matin	567,55
11 à 9 h. soir	569,11		
		14 à 7 h. soir	561,92
16 à 4 h. après midi	565,32		
		17 à 10 h. soir	561,19
20 à 10 h. soir	570,98		
		28 à 6 h. matin	561,24
29 à 10 h. soir	570,79		

NB. On a omis de noter dans le tableau du mois précédent, que c'est le 14 juillet que le lac près de l'hospice a été entièrement débarrassé de la glace. La date de la congélation du lac, l'automne dernier, avait été également omise, elle a eu lieu le 30 octobre.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	572,02	+ 3,14	571,74	572,43	+13,42	+ 7,02	+10,1	+16,1	.....	6,4	....	SO. 1	0,51
2	572,55	+ 3,66	571,74	573,31	+11,43	+ 5,03	+ 8,0	+15,0	.....	.....	....	NE. 1	0,24
3	573,97	+ 5,07	573,53	574,34	+ 9,36	+ 2,97	+ 6,9	+12,4	.....	.....	....	variable	0,10
4	574,91	+ 6,01	574,50	575,17	+11,53	+ 5,14	+ 8,7	+14,3	.....	.....	....	NE. 1	0,30
5	574,58	+ 5,68	574,38	575,01	+12,33	+ 5,95	+ 9,3	+16,1	.....	.....	....	SO. 1	0,19
6	573,98	+ 5,08	573,87	574,09	+11,76	+ 5,39	+ 8,9	+14,5	.....	.....	....	NE. 1	0,26
7	572,83	+ 3,94	572,00	573,79	+12,32	+ 5,97	+ 9,8	+15,3	.....	.....	....	NE. 1	0,13
8	570,40	+ 1,51	569,90	571,34	+12,74	+ 6,41	+ 9,8	+16,2	.....	.....	....	NE. 1	0,24
9	568,03	— 0,85	567,87	568,71	+ 9,85	+ 3,54	+ 6,8	+14,0	.....	.....	....	variable	0,62
10	568,06	— 0,81	567,55	568,80	+ 7,16	+ 0,88	+ 4,4	+11,0	.....	.....	....	NE. 1	0,24
11	569,50	+ 0,64	568,93	569,90	+ 6,64	+ 0,39	+ 2,7	+10,9	.....	.....	....	NE. 2	0,11
12	567,78	— 1,07	566,71	568,85	+ 7,60	+ 1,38	+ 5,7	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,17
13	564,03	— 4,80	563,33	565,17	+ 6,41	+ 0,22	+ 4,7	+10,6	.....	.....	....	NE. 1	0,81
14	562,13	— 6,68	561,92	562,41	+ 2,94	— 3,22	— 0,4	+ 6,6	.....	.....	....	NE. 2	0,87
15	563,59	— 5,20	562,34	564,90	+ 0,60	— 5,52	— 3,4	+ 5,6	.....	.....	....	NE. 2	0,89
16	564,89	— 3,88	564,29	565,32	+ 3,24	— 2,84	— 1,4	+ 5,9	.....	15,3	....	NE. 1	0,93
17	562,01	— 6,74	561,19	563,73	+ 3,95	— 2,09	+ 2,7	+ 7,0	.....	40,2	....	NE. 1	1,00
18	563,57	— 5,15	561,66	566,52	+ 2,57	— 3,43	+ 1,7	+ 4,8	.....	10,4	....	NE. 1	0,71
19	569,43	+ 0,74	567,23	570,59	+11,83	+ 5,88	+ 5,7	+15,0	.....	.....	....	variable	0,38
20	570,23	+ 1,57	569,77	570,98	+10,54	+ 4,64	+ 7,3	+14,1	.....	6,8	....	SO. 1	0,50
21	570,40	+ 1,77	569,82	570,88	+ 9,62	+ 3,77	+ 8,5	+12,4	.....	10,0	....	SO. 1	0,63
22	569,26	+ 0,66	568,78	569,73	+11,54	+ 5,75	+ 9,3	+15,0	.....	.....	....	SO. 2	0,51
23	568,90	+ 0,34	568,57	569,40	+10,57	+ 4,84	+ 8,7	+13,6	.....	.....	....	SO. 2	0,94
24	567,83	— 0,69	567,09	568,97	+ 6,72	+ 1,05	+ 5,0	+ 9,2	.....	29,2	....	SO. 2	0,74
25	568,20	— 0,28	567,57	568,78	+ 7,23	+ 1,63	+ 4,0	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,18
26	568,02	— 0,42	566,81	568,70	+10,41	+ 4,88	+ 8,0	+13,8	.....	.....	....	SO. 1	0,30
27	564,45	— 3,95	563,50	565,50	+ 5,74	+ 0,28	+ 0,4	+10,4	.....	46,4	....	SO. 2	1,00
28	564,84	— 3,51	561,24	568,63	— 2,19	— 7,58	— 2,5	— 1,0	200	10,6	....	NE. 3	0,93
29	570,38	+ 2,08	569,42	570,79	+ 1,65	— 3,67	— 2,9	+ 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,16
30	569,77	+ 1,52	568,67	570,55	+ 7,40	+ 2,16	+ 4,1	+11,0	.....	.....	....	SO. 1	0,47
31	565,41	— 2,79	564,03	566,88	+ 3,63	— 1,53	+ 0,1	+ 8.8	70	8,8	....	SO. 1	0,89

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1881.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	572,16	572,14	572 17	572,15	572,13	572,17	572,16	572,22	572,28
2e »	565,45	565,53	565,63	565,74	565,75	565,76	565,83	565,98	566,13
3e »	567,76	567,96	568,10	568,08	568,07	568,00	567,93	568,02	568,04
Mois	568,43	568,53	568,61	568,64	568,63	568,62	568,62	568,72	568,79

Température.

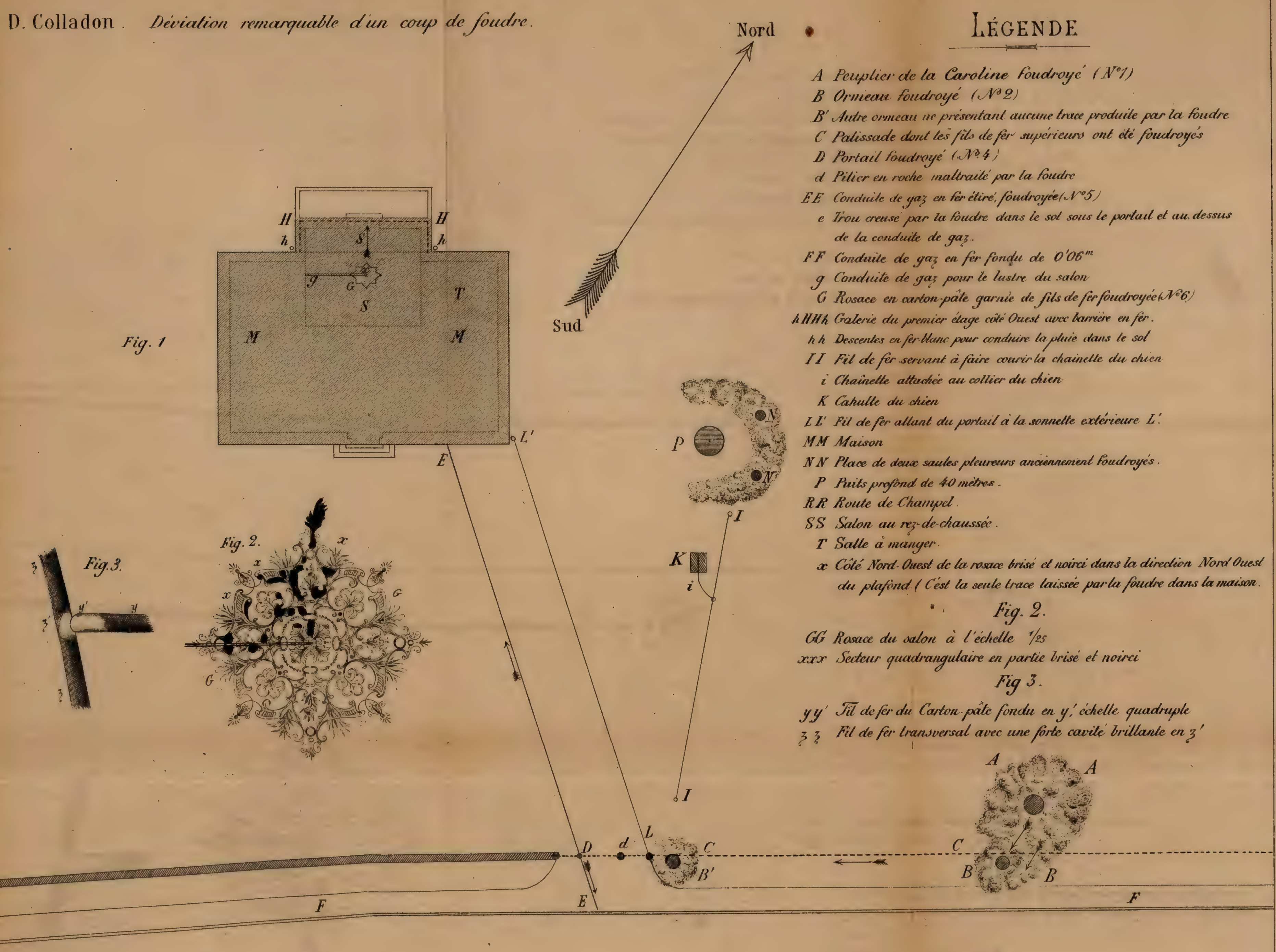
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 9,11	+11,04	+13,37	+14,29	+14,26	+13,46	+11,88	+10,10	+ 9,24
2e »	+ 3,27	+ 4,58	+ 6,29	+ 8,14	+ 8,69	+ 7,83	+ 6,75	+ 5,82	+ 5,35
3e »	+ 5,87	+ 6,90	+ 7,38	+ 8,31	+ 8,45	+ 8,37	+ 7,25	+ 6,84	+ 5,84
Mois	+ 6,08	+ 7,49	+ 8,96	+10,18	+10,40	+ 9,84	+ 8,58	+ 7,56	+ 6,78

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 8,27	+14,49	0,28	6,4	—
2e »	+ 2,53	+ 9,13	0,64	72,7	—
3e »	+ 3,88	+ 9,95	0,61	105,0	270
Mois	+ 4,86	+11,15	0,51	184,1	270

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,51 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 27,6 sur 100.


D. Colladon. Déviation remarquable d'un coup de foudre.
Nord
Sud
Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
LÉGENDE
A Peuplier de la Caroline foudroyé (N° 1)
B Ormeau foudroyé (N° 2)
B' Autre ormeau ne présentant aucune trace produite par la foudre
C Palissade dont les fils de fer supérieurs ont été foudroyés
D Portail foudroyé (N° 4)
d Pilier en roche maltraité par la foudre
EE Conduite de gaz en fer étiré, foudroyée (N° 5)
e Trou creusé par la foudre dans le sol sous le portail et au dessus de la conduite de gaz.
FF Conduite de gaz en fer fondu de 0'06m
g Conduite de gaz pour le lustre du salon
G Rosace en carton-pâte garnie de fils de fer foudroyée (N° 6)
hHHh Galerie du premier étage côté Ouest avec barrière en fer.
hh Descentes en fer blanc pour conduire la pluie dans le sol
II Fil de fer servant à faire courir la chaînette du chien
i Chaînette attachée au collier du chien
K Cahutte du chien
LL' Fil de fer allant du portail à la sonnette extérieure L'.
MM Maison
NN Place de deux saules pleureurs anciennement foudroyés.
P Puits profond de 40 mètres.
RR Route de Champel.
SS Salon au rez-de-chaussée.
T Salle à manger.
x Côté Nord-Ouest de la rosace brisé et noirci dans la direction Nord Ouest du plafond (C'est la seule trace laissée par la foudre dans la maison.
Fig. 2.
GG Rosace du salon à l'échelle 1/25
xxx Secteur quadrangulaire en partie brisé et noirci
Fig 3.
yy' Fil de fer du Carton-pâte fondu en y', échelle quadruple
zz Fil de fer transversal avec une forte cavité brillante en z'

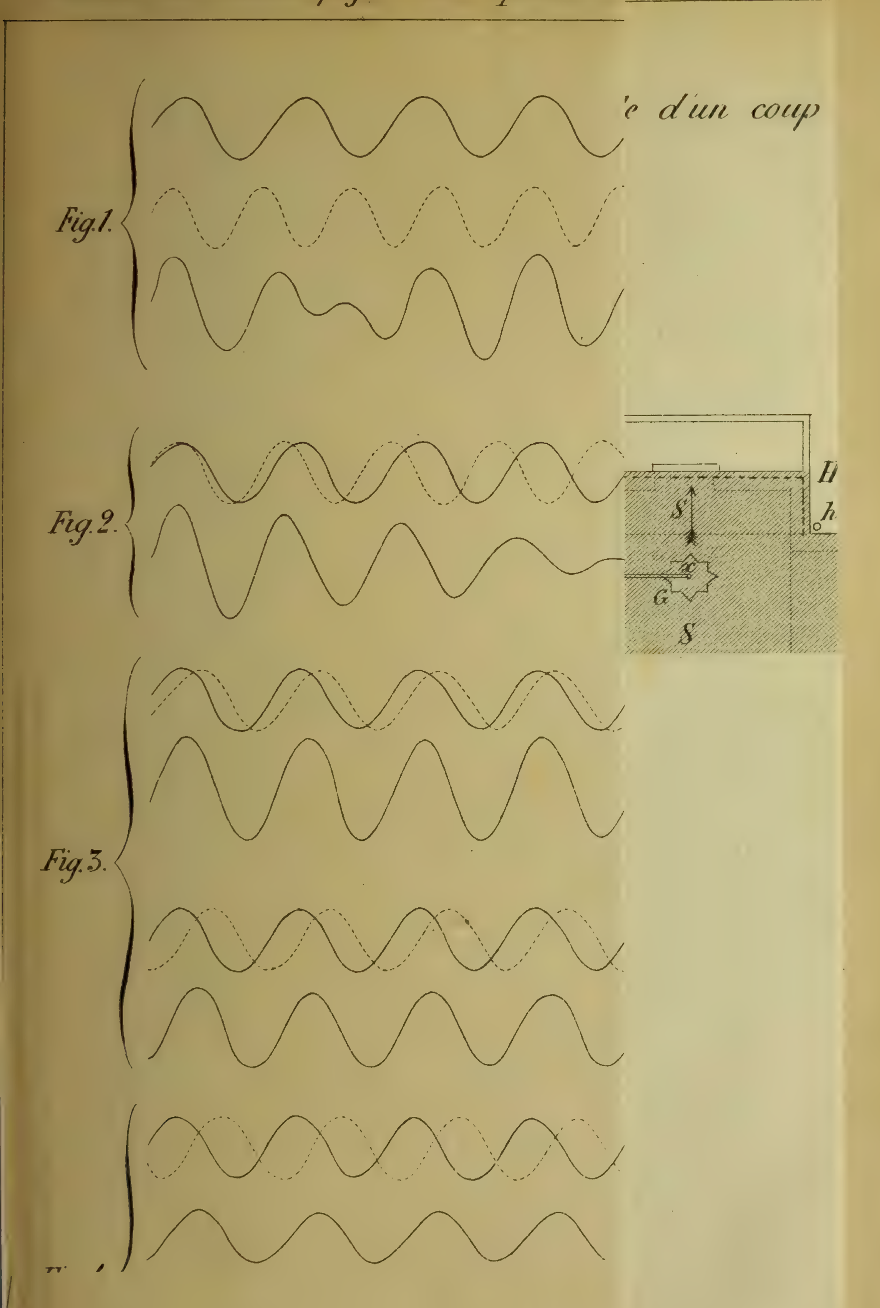
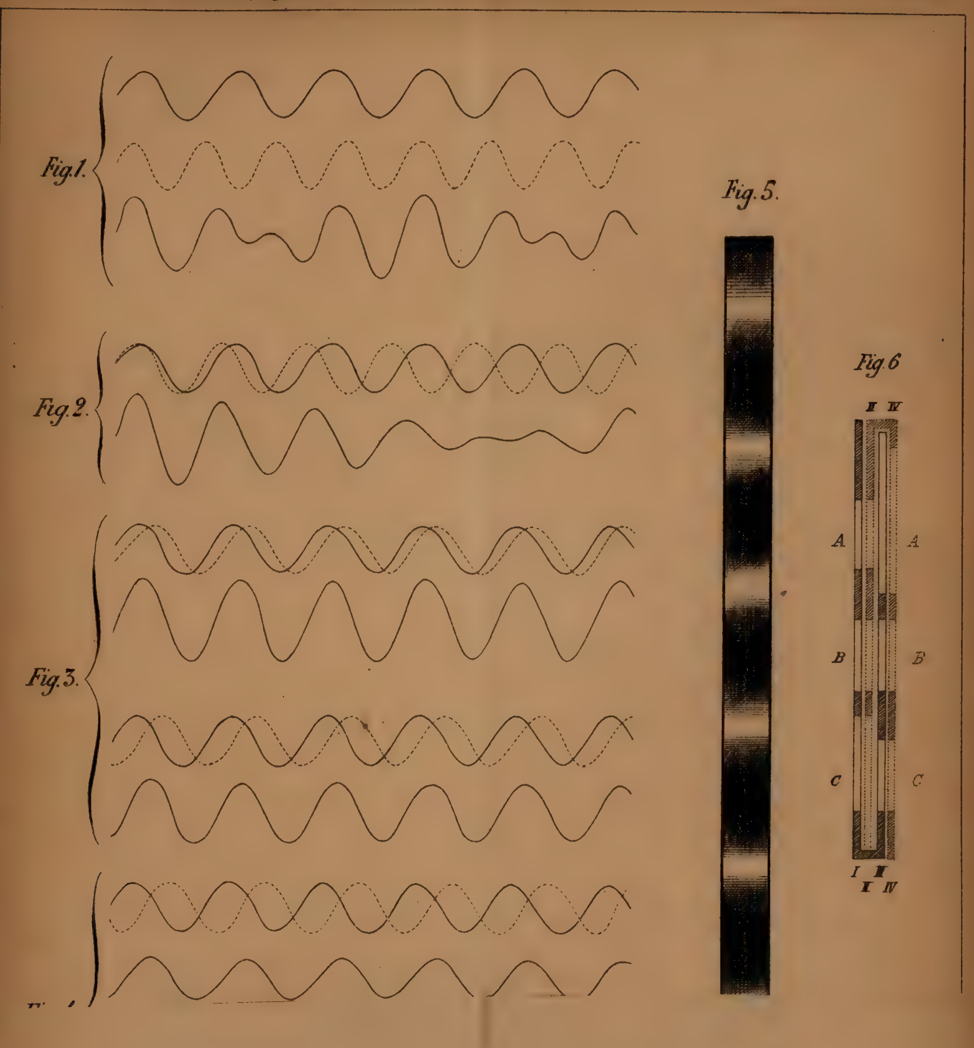
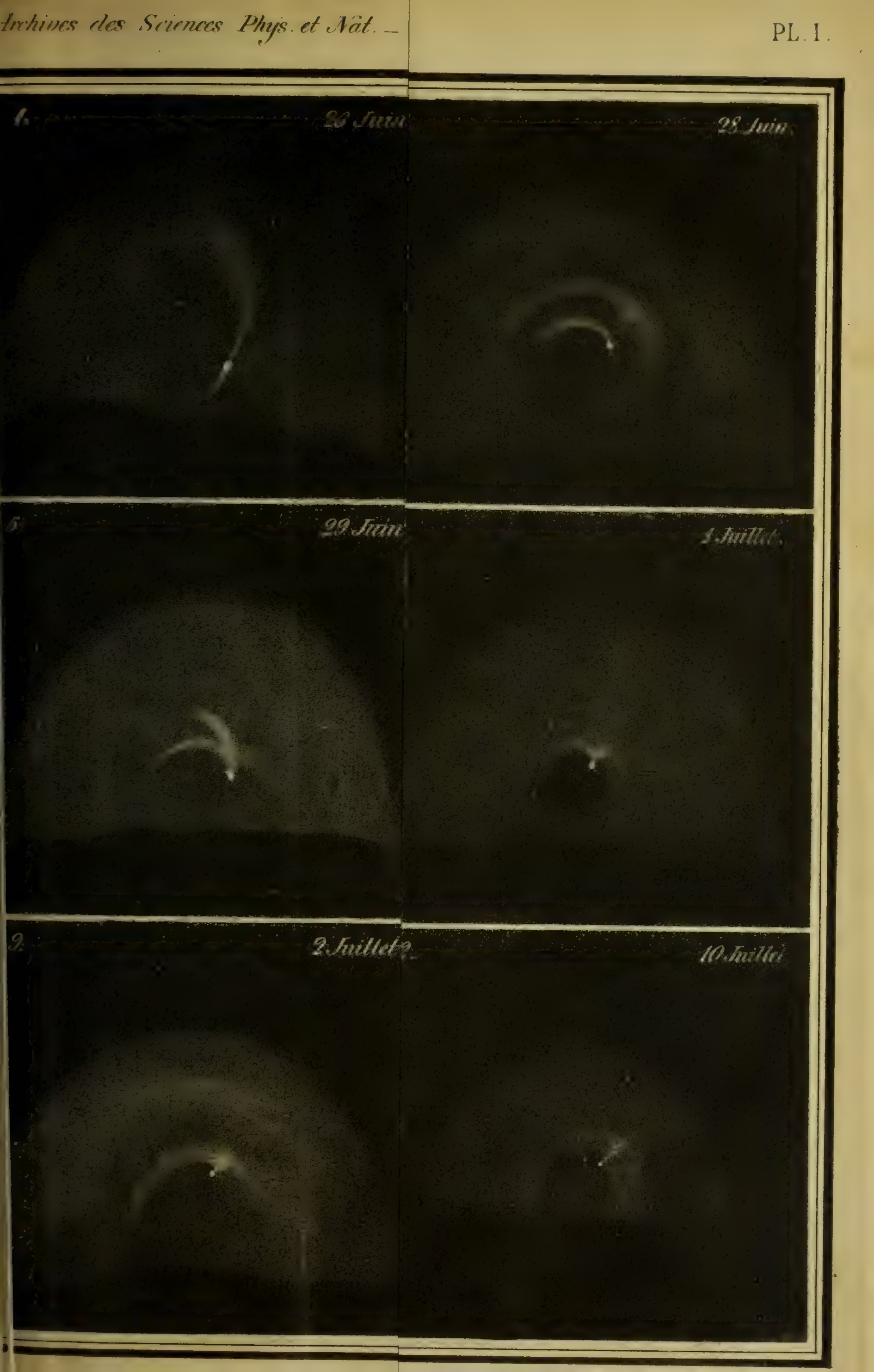
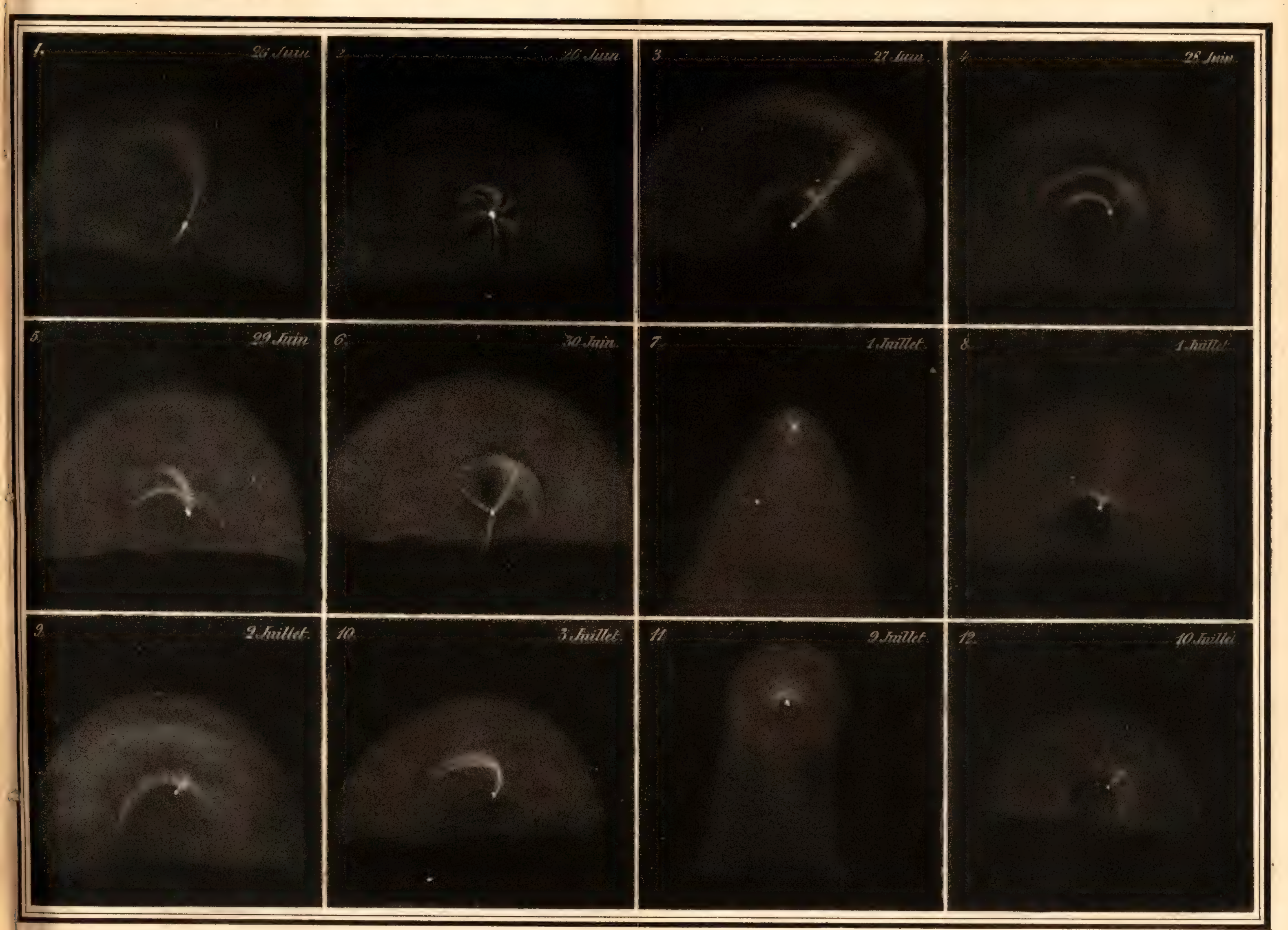


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
…e d'un coup
H
h
S
x
G
S


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 6
II IV
A
A
B
B
C
C
I III
II IV


4.
26 Juin
28 Juin
5.
29 Juin
1 Juillet.
9.
2 Juillet
10 Juillet



Imp. H. Maire, Marché, 36. Genève.

NOTE

SUR LA

RÉPARTITION DES VITESSES MOLÉCULAIRES
DANS LES GAZ

PAR

M. C. CELLÉRIER

Les molécules gazeuses, d'après la théorie moderne, sont soustraites à leur action mutuelle pendant la presque totalité de leur parcours, qui s'effectue dans ce cas en ligne droite et d'un mouvement uniforme. Nous supposerons dans tout ce qui suivra qu'une masse gazeuse, homogène, partout à la même température, soit renfermée dans une enceinte invariable et imperméable à la chaleur. Elle est alors dans un état permanent; les vitesses moléculaires, auxquelles on attribue souvent une valeur moyenne, sont réellement inégales, constamment modifiées par les chocs, et au bout d'un certain temps la proportion des molécules ayant une vitesse plus ou moins grande, ne changera plus : le but de ce travail est de déterminer leur loi, c'est-à-dire, la *répartition finale* des vitesses.

Les savants qui se sont occupés des chocs moléculaires, entre autres M. Clausius, les ont en général assimilés

à celui de deux sphères solides parfaitement élastiques, égales de masse et de rayon, du moins dans les conditions de permanence que nous venons de mentionner. Nous attribuerons aux molécules une forme quelconque, variable de l'une à l'autre, de manière à ne point exclure les cas où on les regarderait comme un groupement d'atomes, ceux où on leur supposerait une polarité, etc. A cela près nous admettrons les autres hypothèses contenues dans le point de vue précédent, et qui peuvent se résumer ainsi :

1° La somme des forces vives de translation de deux molécules n'est pas changée par le choc ;

2° Toutes les masses sont égales ;

3° Le choc peut être assimilé à celui de deux solides.

Il faut remarquer que la force vive totale de translation dans tout le gaz, mesurant la pression, est permanente ; elle est également invariable pour chacune des petites parties dans lesquelles on peut partager la masse ; ainsi la première hypothèse, comme la seconde, consiste à laisser de côté quelques irrégularités qui peuvent se présenter dans un sens ou dans l'autre, et ne doivent guère modifier le résultat cherché. Dès lors si l'on admet l'hypothèse de la solidité, les lois du choc pour deux sphères ou deux surfaces quelconques seront certainement les lois connues, c'est-à-dire que la projection de la vitesse d'un des centres de gravité sur le plan tangent commun n'est pas altérée par le choc, sans quoi la somme des forces vives de translation le serait aussi.

Quant à la solidité en ce qui concerne le choc, remarquons que la trajectoire d'un des centres de gravité se compose de deux lignes droites, réunies par une courbe qui correspond à la période d'action mutuelle ; s'il s'agit

de deux ressorts qui se fléchissent, cette courbe a une certaine étendue; pour deux sphères solides, elle se réduit à un point. D'une manière plus précise, en désignant par α le déplacement du centre de gravité d'une molécule pendant le choc, c'est-à-dire pendant l'action sensible d'une autre molécule, et par d la distance des deux centres à cet instant, la condition de solidité consiste en ce que α est imperceptible par rapport à d.

Ce n'est là qu'une conséquence de la constitution gazeuse dont nous voulons calculer l'effet, car celle-ci consiste à regarder comme négligeable le rapport $\frac{\alpha}{d'}$, d' étant le trajet moyen d'une molécule entre deux chocs successifs; il en est ainsi aussi bien pour des gaz fortement comprimés, car tel était le cas dans une des principales expériences d'où l'on a conclu la nullité du travail intérieur. Or si un corps à l'état solide passe à celui de gaz comprimé occupant, ou huit fois, ou vingt-sept fois son volume primitif, l'intervalle moyen de deux molécules voisines est simplement doublé ou triplé. A la distance de l'intervalle primitif elles agissent certainement l'une sur l'autre, et l'on voit qu'à l'état de gaz elles peuvent à peine sans choc se déplacer de la distance d: ainsi d et d' sont tout à fait du même ordre de grandeur, et si $\frac{\alpha}{d'}$ est négligeable, $\frac{\alpha}{d}$ l'est aussi.

Il est du reste aisé de voir, pour les molécules solides il est vrai, que le degré d'incompressibilité d'un corps sert de mesure à celui de ses molécules: si deux masses égales, partagées en n parties chacune, se choquent avec une grande force, l'effort supporté par une partie sera le même que si elle avait été isolée, recevant le choc d'une

partie unique. Si dans ce cas elle se comprime d'une façon sensible, il lui en arrivera autant quand elle fera partie de la masse, et celle-ci se comprimera dans la même proportion.

Nous examinerons quelques cas particuliers de mouvements moléculaires avant d'aborder la question générale, mais auparavant, pour éviter des répétitions, quelques remarques sont nécessaires.

1° L'unité de longueur est supposée choisie de façon que le volume total compris dans l'enceinte soit l'unité, tout en étant très grand. Lors même que les molécules seraient partagées en groupes nombreux, chacun en contiendra un nombre immense. Les molécules sont classées en groupes suivant la nature de leurs vitesses; les molécules d'un même groupe sont supposées réparties d'une manière sensiblement uniforme dans tout l'espace.

2° Si n est le nombre de molécules d'un groupe, le nombre de celles dont le centre de gravité est compris dans un volume déterminé H, sera nH, avec une erreur relative imperceptible. En effet cela revient à dire qu'il est proportionnel au volume ; or il est évident qu'en partageant le volume total en un grand nombre de parties égales, les nombres de centres contenus dans chacune seront très grands, et leurs rapports entre eux sensiblement égaux à l'unité. Il n'y aurait de différence que pour les proportions contiguës à la paroi, le centre d'une molécule ne pouvant exister à une distance de celle-ci inférieure à une certaine limite ; mais cette limite étant infiniment petite par rapport aux dimensions totales, le résultat n'en est pas altéré.

3° Nous aurons à évaluer le nombre total de chocs, ou celui de certains chocs, pendant une durée constam-

ment désignée par t ; celle-ci est supposée telle qu'il y ait un nombre immense de chocs, et que cependant ils n'affectent qu'une fraction imperceptible du nombre total des molécules d'un même groupe ; aussi pourra-t-on négliger complètement les cas où pendant ce temps une même molécule éprouverait deux chocs, leur nombre étant infiniment petit par rapport au premier.

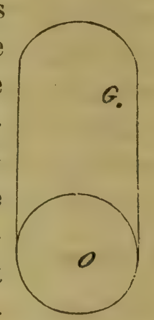
4° Les directions des vitesses seront indiquées en menant parallèlement à chacune d'elles un rayon d'une sphère fixe, qui sera nommée *figurative :* le point de la surface où il aboutit sera le *point figuratif* de la vitesse ; une portion quelconque de la surface sera dite la *région figurative* des vitesses dont le point figuratif est sur la région, ce qui servira à les répartir par groupes.

Première disposition : *Tous les centres de gravité des molécules ont une même vitesse* $\frac{1}{2}$V *de directions parallèles, que nous figurons verticales ; mais* n *de ces molécules vont en descendant, et les autres, en nombre* n′ *vont en montant.*

Soient G, G′ les centres de gravité de deux molécules qui se choquent, et O leur centre de gravité commun ; celui-ci est au milieu de GG′ et par suite immobile avant le choc ; il le sera donc encore après, en l'absence de toute force étrangère : par suite si après le choc G, G′ se trouvent en P, P′ et un instant plus tard en Q, Q′, les triangles POQ, P′OQ′ étant égaux, les petits espaces parcourus PQ, P′Q′ seront égaux et parallèles ; il en sera donc de même des vitesses après le choc, qui seront en outre de sens contraire. La force vive n'ayant pas changé, leur valeur sera encore $\frac{1}{2}$ V ; leur projection sur le plan

tangent commun n'ayant pas non plus changé, l'ancienne et la nouvelle vitesse auront pour bissectrice la normale à ce plan.

PREMIER CAS. *Toutes les molécules sont des sphères de même diamètre* ρ.

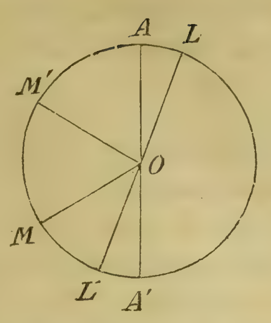


Soit O le centre de l'une des molécules montantes, et traçons une sphère de centre O, de rayon ρ. Pour qu'une molécule de première espèce vienne toucher celle-là pendant le temps t, il faut que son centre G vienne rencontrer la surface, et pour cela se trouve, au commencement du temps t, intérieur au cylindre qu'on formerait en menant par tous les points de la surface hémisphérique supérieure des verticales dirigées de bas en haut, et de longueur Vt, puisque V est la vitesse relative des deux molécules. Ce cylindre est terminé en bas par l'hémisphère, en haut par un hémisphère égal; son volume est celui d'un cylindre de hauteur Vt et de base $\pi\rho^2$; le volume total des cylindres pareils correspondant à toutes les molécules de seconde espèce est $H = n'\pi\rho^2 Vt$; le nombre μ de centres de molécules de première espèce qui s'y trouvent au commencement du temps t est donc nH, d'après la seconde remarque ci-dessus; il en résulte :

$$(1) \qquad \mu = ann'Vt, \text{ en posant } \pi\rho^2 = a.$$

Ce nombre est donc aussi celui des chocs pendant le temps t; car d'après la troisième remarque, on peut laisser de côté les cas où deux molécules descendantes auraient leurs centres dans un même cylindre, le choc de l'une empêchant celui de l'autre.

Employons la sphère ci-dessus comme figurative des vitesses, et menons divers méridiens par la verticale OA. Si le point G, centre d'une molécule descendante, vient rencontrer la surface sur l'un d'eux en M′, le plan tangent commun aux deux molécules sera parallèle au plan



tangent en M′, de sorte qu'en menant OM parallèle à la nouvelle vitesse, son point figuratif M sera sur le même méridien, et l'angle AOM double de AOM′. Celui-ci peut d'ailleurs prendre toutes les valeurs de O à $\frac{\pi}{2}$, tandis que l'autre varie de O à π.

Nommons ω' un élément de surface, placé dans l'hémisphère supérieur, et compris d'une part entre deux méridiens très rapprochés, faisant l'angle $d\varphi$; d'autre part entre deux cercles horizontaux, ayant i et $i + di$ pour distance angulaire au point A, et par suite $\rho \sin i$ pour rayon ; on peut, comme on sait, assimiler ω' à un petit rectangle, ayant pour côtés ρdi, $\rho \sin i d\varphi$, et pour surface $\omega' = \rho^2 \sin i di d\varphi$. Les points M correspondant comme ci-dessus à tous les points M′ situés dans l'aire ω' forment évidemment un élément ω, compris entre les mêmes méridiens, et entre deux cercles horizontaux ayant pour distance angulaire au point A, $2i$ et $2(i + di)$, et par suite pour surface

$$\omega = 2\rho^2 \sin 2i . di d\varphi, \text{ ou } \omega = 4\omega' \cos i.$$

En menant par chaque point de l'aire ω' une verticale de longueur Vt, on formera un prisme très mince, com-

pris dans le cylindre dont nous avons parlé, et à l'intérieur duquel doit se trouver le centre G d'une molécule pour que le point figuratif de la vitesse due au choc soit à l'intérieur de l'élément ω. Sa section horizontale, dont le plan fait l'angle i avec le plan tangent en M', sera par suite $\omega' \cos i$ ou $\frac{\omega}{4}$.

Si maintenant ω désigne non plus un élément, mais une portion finie de la sphère, elle peut se décomposer en éléments tels que le précédent, et pour que la vitesse due au choc corresponde à cette nouvelle région, il faut que le point G se trouve intérieur à l'un ou l'autre des petits prismes correspondant à chaque élément, ou, ce qui revient au même, soit intérieur au second cylindre formé par leur réunion, et dont la section est encore $\frac{\omega}{4}$. En supposant la construction de ce second cylindre répétée identiquement pour toutes les molécules de seconde espèce, le nombre μ' des chocs pour lesquels la nouvelle vitesse correspond à la région ω, sera le nombre des centres G de molécules descendantes placés à l'intérieur du second cylindre et de ses homologues.

Or μ était le nombre de points G intérieurs au premier cylindre et à ses homologues; $\frac{\mu'}{\mu}$ est donc le rapport de leurs volumes ou de leurs sections $\frac{\omega}{4}$, $\pi\rho^2$, d'où résulte

$$(2) \qquad \mu' = \frac{\omega}{4\pi\rho^2}\mu.$$

En particulier, si l'on veut que l'angle aigu de la vitesse nouvelle avec une direction fixe donnée LOL' soit supérieur à un angle aigu donné α, il faudra que M soit inté-

rieur à une zone limitée par deux cercles de pôles L, L′ et ayant une distance angulaire α à ces deux points : la hauteur de la zone étant $2\rho\cos\alpha$, sa surface sera $\omega = 4\pi\rho^2\cos\alpha$, et le nombre de chocs satisfaisant la condition précédente sera

$$(3) \qquad \mu' = \mu \cos \alpha.$$

M. Clausius a fait la remarque que pour les nouvelles vitesses toutes les directions sont également probables. C'est ce qu'exprime l'équation (2), puisque le nombre de chocs μ' est indépendant de la position de ω. C'est cette propriété fondamentale que nous devons maintenant démontrer pour des molécules non sphériques.

Deuxième cas. *Toutes les molécules de première espèce ont une surface quelconque* S; *toutes celles de seconde espèce une surface quelconque* S′; *celles de même espèce sont non seulement égales, mais encore semblablement orientées, c'est-à-dire que les droites homologues qui en joignent deux points sont parallèles.*

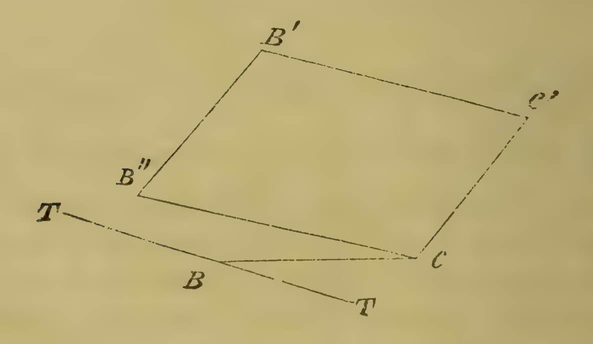
Traçons à part une sphère figurative, de centre O, de rayon 1, pour laquelle nous emploierons encore la même figure, A étant son point le plus élevé. Si l'on veut que la nouvelle vitesse d'une molécule descendante ait M pour point figuratif, la normale au plan du choc doit être OM′ bissectrice de OMA. On trouvera sur une molécule montante S′ le point M″ où la normale intérieure est parallèle à M′O; il n'y en aura qu'un, parce que nous supposerons S, S′ convexes, sans pointes ou tranchants aigus. On déplacera S par mouvement de translation seulement, de façon que cette surface touche S′ en M″.

En répétant l'opération pour tous les points M inté-

rieurs à un cercle infiniment petit ω, le lieu des points M′ sera un élément ω' de la sphère; celui des points M″ un élément ω'' de S′: celui des positions correspondantes de G, un élément γ de surface dans l'espace. Menant par chacun de ses points une verticale de longueur Vt, on aura formé un prisme mince, de volume $h = \mathrm{V}t\gamma \cos i$, i étant l'angle du plan de γ et de l'horizontal. Nous le nommerons *volume efficace* de la région ω, parce que c'est celui où doit se trouver G, au commencement du temps t, pour que la vitesse nouvelle corresponde à ω. On aura ainsi

$$\frac{h}{\omega} = \mathrm{V}t \cos i, \frac{\gamma}{\omega''} \frac{\omega''}{\omega'} \frac{\omega'}{\omega}.$$

Pour simplifier cette valeur, désignons par B′, C′ deux points de γ dont la distance ne soit pas très petite par rapport aux dimensions de γ: soient B, C les points



correspondants de ω'', et menons CB″ égale et parallèle à B′C′. Le point G étant d'abord en C′ le contact était en C ; un mouvement de translation amenant G en B′, le point de S qui était en C vient en B″; à cet instant, le contact étant en B, soit TT le plan tangent commun à S

et à S'. Le point B'' étant sur S et C sur S', la distance de chacun au plan tangent est comme l'on sait un infiniment petit du second ordre ; ainsi la droite CB'' fait avec le plan un angle infiniment petit, et il en est de même de $B'C'$; on en pourrait dire autant de $B'D'$, D' étant un autre point de γ; ainsi le plan de γ dans son ensemble est parallèle au plan de ω'', et par suite, de ω'.

Ensuite appelons spécialement M le centre du cercle ω, les points M', M'' étant ceux qui lui correspondent; il est évident que les rapports $\frac{\omega'}{\omega}$, $\frac{\omega''}{\omega'}$, $\frac{\gamma}{\omega''}$, ne changent pas si l'on altère la forme des éléments, pourvu qu'ils se correspondent exactement, et de plus soient encore à la même place, c'est-à-dire, contiennent M, ou M', ou M''; on a donc $\omega = 4\omega' \cos i$, relation trouvée précédemment pour une forme rectangulaire. Nous substituerons en outre

$$\frac{\omega''}{\omega'} = f(M''), \quad \frac{\gamma}{\omega''} = F(M'',S) :$$

la seconde indique que $\frac{\gamma}{\omega''}$ dépend à la fois de la position de M'' et de S relativement à S', et la première, que $\frac{\omega''}{\omega'}$ dépend seulement de la position de M'' relativement à S'. Il faut remarquer que si, en conservant ces positions relatives, on change l'orientation générale de la figure pour la faire correspondre à une autre région ω, les fonctions f, F resteront les mêmes.

Enfin, nommons H, l'espace efficace total $n'h$, trouvé en réunissant ceux de toutes les molécules de seconde espèce, on aura par les substitutions précédentes :

$$\frac{H}{\omega} = \frac{n'Vt}{4} . f(M''). F(M'',S).$$

(On pourrait démontrer que $f(M'') = RR'$, R et R′ étant les rayons de courbure principaux de la surface S′ au point M″.)

Troisième cas. Les données sont les mêmes qu'au second, sauf que pour chaque espèce, S et S′ peuvent être orientées indifféremment de toutes les manières. Il est clair que les orientations également fréquentes de S pourront être remplacées par une nombreuse série d'orientations convenablement choisies D_1, D_2, D_3, etc., dont le caractère pourrait même être indiqué par des notations différentielles ; mais il est inutile de faire un choix quant à leur mode de détermination ; seulement elles jouissent de la propriété essentielle que si on les fait toutes tourner d'un même angle dans le même sens, autour d'axes parallèles, elles forment un système équivalent d'orientations également fréquentes ; nous nommerons D'_1, D'_2, D'_3...., les orientations analogues pour S′.

La totalité des chocs se décomposera en groupes, en réunissant dans le même ceux où les molécules de première espèce ont une même orientation D, et celles de la seconde une même D′.

L'espace efficace pour un groupe unique est le nombre H qu'on vient de trouver, en remplaçant n' par n'' nombre de molécules de seconde espèce du groupe. En nommant maintenant H le volume efficace total, pour tous les groupes réunis, on aura

$$\frac{H}{\omega} = \frac{Vt}{4} \Sigma' \Sigma n'' f(M'') F(M'', S),$$

la somme Σ' s'appliquant aux orientations D'_1, D'_2,..., et Σ à D_1, D_2, etc. Pour former celle-ci on doit laisser inva-

riable la position D′ de S′, de même que M″, de sorte que $f(M'')$ est facteur commun ; puis on doit leur associer S dans les positions successives D_1, D_2..., n'' étant chaque fois le nombre correspondant de molécules de seconde espèce ; ce nombre est par suite sensiblement constant. Les positions une fois trouvées, si pour chacune on fait tourner la figure d'un même angle autour d'un même axe mené par G′, les orientations de S seront encore d'égale fréquence. Ainsi $\Sigma n''F(M'',S)$ est une fonction de même nature que $f(M'')$, ne dépendant que de la position de M″ sur S′ et non de l'orientation de celle-ci. On aura donc

$$\frac{H}{\omega} = Vt\Sigma'\varphi(M''),$$

la fonction $\varphi(M'')$ étant encore de même nature.

La somme se formera en donnant à S′ les positions D'_1, D'_2..., et prenant chaque fois pour M″ le point où la normale est parallèle à M′O. Si l'on fait tourner toutes les positions ainsi formées d'un même angle, autour d'un même axe mené par G′, les normales aux points M″ auront encore une direction commune, et pour chaque figure, $\varphi(M'')$ sera le même ; par suite $\Sigma'\varphi(M'')$ n'aura pas changé. Les nouvelles positions de S′ seront encore d'égale fréquence et se trouveront alors être toutes celles qu'il faudrait employer en prenant pour M′ un autre point de la sphère, ou ce qui revient au même en supposant ω à une autre place. Celle-ci pouvant d'ailleurs être quelconque la valeur de H est indépendante de la position de ω, et par suite il en est de même du nombre des chocs correspondants, ce qu'il fallait démontrer.

QUATRIÈME CAS. Celui-ci sera le cas général où *les molécules auront des formes quelconques inégales.*

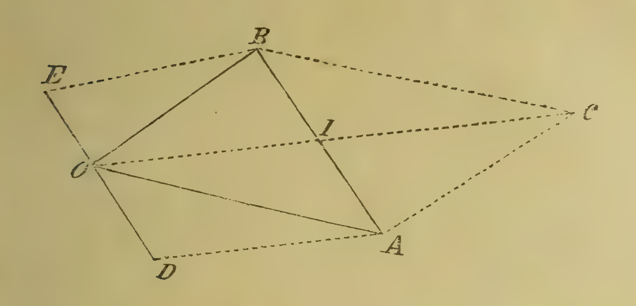
Nous pourrons évidemment les assimiler à une nombreuse série de formes F_1, F_2, F_3, etc., servant de types, et dont chacune pourra être orientée de toutes les manières possibles. Nous partagerons les chocs en groupes, en mettant dans le même ceux où les molécules de première espèce ont une même figure F, et les autres une même F′ : d'après ce qu'on vient de voir, toutes les directions des vitesses nouvelles seront également probables pour chaque groupe ; il en sera donc de même pour leur réunion ou pour tous les chocs, et la même propriété une fois démontrée, on en pourra dire autant de l'équation (3) qui en est la conséquence immédiate, μ étant le nombre total des chocs. Quant à celui-ci, il est, quelles que soient les formes des molécules, proportionnel séparément à chacune des quantités n, n' V, t, quand cette quantité varie seule, les autres restant constantes ; ainsi son rapport à $nn'Vt$ est une constante absolue, dépendant de la nature des molécules, et qu'on peut désigner par a. L'équation (1) est ainsi vérifiée.

Deuxième disposition. *Les molécules sont de deux espèces, de nombre* n, n′. *Celles d'une même espèce ont des vitesses égales, parallèles et de même sens, dont la valeur est* u *pour la première,* v *pour la seconde : l'angle des vitesses est* θ.

Représentons ces vitesses en grandeur et en direction par $OA = u$, $OB = v$; soient V, V′ les diagonales AB, OC de leur parallélogramme ; on aura :

$$(4)\quad V = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv\cos\theta}, \quad V' = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\theta} :$$

Menons à celles-ci des parallèles DOE, AD, BE : on peut regarder OB comme résultante de deux autres vitesses OE, OI ; de même OA est celle de OD, OI ; ainsi



les vitesses de toutes les molécules sont exactement les mêmes que si la masse entière avec son enceinte avait une vitesse de translation représentée en grandeur et en direction par OI ou $\frac{1}{2}$ V′, tandis que les vitesses relatives de toutes le molécules, au commencement du temps t, se réduiraient à OD pour la première espèce, à OE pour la seconde. Ces vitesses comme dans la première disposition, sont parallèles, de sens contraire, et toutes égales à $\frac{1}{2}$ V. Par suite dans le mouvement relatif tout se passera comme on l'a déjà vu. Le nombre total des chocs sera encore la valeur (1) de μ ; en outre, en nommant θ' l'angle aigu d'une des nouvelles vitesses avec OI, il y aura, d'après l'équation (3) un nombre $\mu \cos \alpha$ de chocs pour lesquels $\theta' > \alpha$, α étant un angle aigu choisi à volonté.

Toutes les nouvelles vitesses absolues se trouveront en composant les précédentes avec OI ou $\frac{1}{2}$ V′ qui fait les

angles θ' et $\pi-\theta'$, avec celles qui résultent d'un même choc. Ces vitesses absolues seront donc :

$$\sqrt{\frac{1}{4}V^2+\frac{1}{4}V'^2\pm\frac{1}{2}VV'\cos\theta'}:$$

On peut vérifier, d'après les formules (4) que la somme de leurs carrés est u^2+v^2, comme cela devait être, la force vive n'ayant pas changé.

Pour abréger, convenons de désigner par δ, pour un choc quelconque, la différence numérique des carrés des nouvelles vitesses ; dans le cas actuel on a

$$\delta = VV'\cos\theta', \text{ d'où } \delta = ou < VV'.$$

Soit ensuite z un nombre positif donné. Si l'on demande le nombre de chocs pour lesquels $\delta<z$, ce sera $\delta=\mu$ si $z>VV'$ puisque la condition est satisfaite par tous les chocs ; mais si $z<VV'$, en choisissant l'angle aigu α de manière qu'on ait $VV'\cos\alpha=z$, la relation $\delta<z$ donne $\cos\theta'<\cos\alpha$ ou $\theta'>\alpha$, et comme on l'a vu le nombre de chocs cherché sera $\mu\cos\alpha$, ou $\frac{\mu z}{VV'}$. En remplaçant z par $z+dz$, ces nombres dans les deux cas seront μ, ou $\frac{\mu(z+dz)}{VV'}$; en prenant la différence, on aura le nombre μ'' de chocs pour lesquels δ est compris entre z et $z+dz$: par suite,

(5) $$\mu''=0 \textit{ si } z>VV' ; \mu''=\frac{\mu dz}{VV'} \textit{ si } z<VV'.$$

Troisième disposition. *Les molécules sont encore de deux espèces, de nombre* n, n′*: pour chacune les vitesses sont toutes égales, savoir* u *pour la première,* v *pour la seconde. Pour la première espèce, toutes sont parallèles et de même sens; pour la seconde, elles sont dirigées indifféremment dans tous les sens.* Nous laissons de côté les chocs survenant entre les molécules de seconde espèce.

Supposons décrite une sphère figurative ayant pour centre un point fixe O et pour rayon l'unité; partageons-la en éléments ω, et prenons chacun d'eux pour région figurative d'un groupe de vitesses, c'est-à-dire du groupe de molécules de seconde espèce auxquelles elles appartiennent. Les vitesses étant dirigées indifféremment en tous sens, le nombre de molécules du groupe sera $\frac{n'\omega}{4\pi}$, 4π étant la surface de la sphère. Le nombre de chocs effectués entre ce groupe et les molécules de première espèce rentre dans la seconde disposition et se déduira de μ en remplaçant n' par $n' \frac{\omega}{4\pi}$. En posant

$$(6) \qquad k = ann't,$$

la formule (1) donnera $\mu = \frac{k\omega V}{4\pi}$; le nombre de chocs pour lesquels δ est compris entre z et $z + dz$, sera d'après les équations (5), $\mu'' = o$ ou $\frac{\mu dz}{VV'}$ pour le groupe unique. Désignons ce nombre par m' pour tous les groupes réunis, et le nombre total des chocs par m. On aura :

$$(7) \quad m = k\Sigma \frac{\omega}{4\pi} V, \; m' = kF(u,v)dz, \; F(u,v) = \Sigma \frac{\omega}{4\pi V'};$$

les sommes s'étendent à tous les éléments ω de la sphère, en supprimant dans la seconde les termes pour lesquels l'angle θ des vitesses ne satisferait pas la condition $VV' > z$. En supposant le rayon OI de la sphère parallèle à la vitesse u, on peut prendre pour ω la zone étroite comprise entre deux cercles ayant pour pôle I, et pour distances angulaires à ce point θ et $\theta + d\theta$; sa hauteur étant $\sin\theta d\theta$ on aura $\omega = 2\pi \sin\theta d\theta$; l'angle θ constant dans toute son étendue sera celui des vitesses; V, V' seront aussi les mêmes pour toute la zone. Les sommes Σ deviendront des intégrales de o à π. On aura ainsi pour les intégrales indéfinies, d'après les valeurs (7) et (4),

$$m = \frac{1}{2} k \int V \sin\theta d\theta = \frac{k}{6uv} V^3,$$

$$F(u,v) = \frac{1}{2} \int \frac{\sin\theta d\theta}{V'} = -\frac{V'}{2uv};$$

Pour $\theta = \pi$, $V^3 = (u+v)^3$; pour $\theta = o$, $V^3 = (u-v)^3$ ou $(v-u)^3$ suivant que $u >$ ou $< v$: par suite,

$$(8) \qquad m = kf(u,v)$$

en posant

$$(9) \quad f(u,v) = u + \frac{v^2}{3u} \text{ si } u > v\,;\; f(u,v) = v + \frac{u^2}{3v} \text{ si } v > u\,;$$

cette fonction est continue de valeur, mais non de forme.

Remarquons ensuite qu'on a, d'après les valeurs (4)

$$VV' = \sqrt{(u^2+v^2)^2 - 4u^2v^2\cos^2\theta},$$

expression variant avec θ entre les limites $u^2 + v^2$ et $\sqrt{(u^2 - v^2)^2}$, ou la valeur numérique de $u^2 - v^2$; on doit

supposer $z < u^2 + v^2$, puisque le choc ne change pas la somme des carrés des vitesses.

1° Si z en outre est $< \sqrt{(u^2 - v^2)^2}$, la condition $z < VV'$ étant constamment satisfaite, on devra dans la valeur de $F(u, v)$, intégrer de $\theta = o$ à $\theta = \pi$, ce qui donne

$$F(u,v) = \frac{1}{2uv}\left[u + v - \sqrt{(u-v)^2}\right]:$$

par suite

$$(10) \qquad F(u,v) = \frac{1}{u} \text{ si } u > v; \; F(u,v) = \frac{1}{v} \text{ si } v > u.$$

Mais si $z > \sqrt{(u^2 - v^2)^2}$, on désignera par θ' un angle aigu tel qu'on ait

$$\sqrt{(u^2 + v^2)^2 - 4u^2v^2 \cos^2 \theta'} = z,$$

et l'on devra intégrer seulement de $\theta = \theta'$ à $\theta = \pi - \theta'$, limites entre lesquelles $VV' > z$; on trouve ainsi :

$$F(u,v) = \frac{1}{2uv}\left[\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \theta'} - \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos \theta'}\right];$$

le facteur en parenthèse ayant pour carré

$$2u^2 + 2v^2 - 2\sqrt{(u^2 + v^2)^2 - 4u^2v^2 \cos^2 \theta'} \text{ ou } 2(u^2 + v^2 - z),$$

il en résultera

$$(11) \qquad F(u,v) = \frac{\sqrt{2(u^2 + v^2 - z)}}{2uv}.$$

Supposons maintenant qu'on demande le nombre des chocs pour lesquels une des nouvelles vitesses soit com-

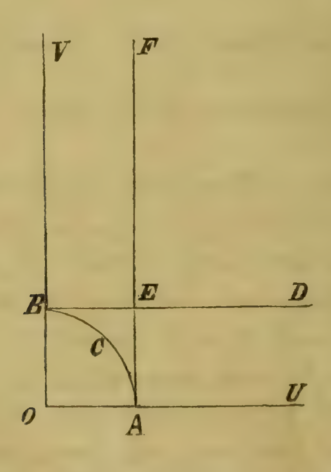
prise entre deux nombres donnés x et $x+dx$ très peu différents. La différence δ se trouvera alors comprise entre deux nombres z et $z+dz$ correspondant à ceux-là et par conséquent le nombre cherché sera encore la valeur (7) de m' : si z correspond à x, les carrés des nouvelles vitesses étant x^2, $u^2+v^2-x^2$, on devra supposer $x^2 < u^2+v^2$, et en outre

1° Si x est la plus grande des deux vitesses, $z=2x^2-u^2-v^2$;

2° Si x est la plus petite, $z=u^2+v^2-2x^2$.

Dans les deux cas, on devra prendre $dz=4xdx$, le signe $-$ qu'on trouve dans le second signifiant seulement que x correspondait à $z+dz$ et $x+dx$ à z.

En nommant x' la seconde vitesse, x et x' seront toutes deux comprises entre u et v, ou toutes deux non comprises suivant qu'on aura $z <$ ou $> \sqrt{(u^2-v^2)^2}$; en effet dans le premier cas la différence des carrés des vitesses



qui était $\pm(u^2-v^2)$ est devenue z ou a diminué; elles se sont donc rapprochées de l'égalité, tandis que dans le

second elles s'en sont éloignées; on devra donc employer la formule (10) dans le premier cas, la formule (11) dans le second.

Le résultat s'exprime mieux en regardant u et v comme les coordonnées rectangulaires d'un point variable P, rapportées aux axes OU, OV, le point étant dans l'angle UOV. Le quart de cercle ACB a pour centre O, pour rayon x; les droites AF, BD sont parallèles aux axes. On aura alors

(12) $$m' = 4k\mathrm{F}(u,v)x\,dx$$

la fonction F de la position du point désignant

1° Si P est intérieur à OACB,..... $\mathrm{F}(u,v) = 0$

2° Si P est dans l'espace ACBEA,.. $\mathrm{F}(u,v) = \dfrac{\sqrt{u^2+v^2-x^2}}{uv}$

3° Si P est dans l'espace FED,.... $\mathrm{F}(u,v) = \dfrac{x}{uv}$

4° Si P est dans l'espace DEAU,... $\mathrm{F}(u,v) = \dfrac{1}{u}$

5° Si P est dans l'espace FEBV.... $\mathrm{F}(u,v) = \dfrac{1}{v}\cdot$

En effet pour OACB on a $u^2+v^2<x^2$ ce qui est impossible. Pour ACBEA, $u<x$ et $v<x$; pour FED, $u>x$ et $v>x$; pour tous deux, x étant non compris entre u et v, on doit employer la formule (11) en y substituant $z=2x^2-u^2-v^2$ dans le premier cas où $x>x'$ et $z=u^2+v^2-2x^2$ dans le second où $x<x'$.

Pour DEAU, $u>x$ et $v<x$; pour FEBV, $v>x$ et $u<x$; dans les deux cas x est compris entre u et v, et l'on doit employer la formule (10).

La fonction $\mathrm{F}(u, v)$ est continue de valeur, mais non de forme.

Quatrième disposition. Celle-ci ne diffère de la troisième qu'en ce que la vitesse u, commune aux molécules de la première espèce, est, comme pour celles de la seconde, dirigée indifféremment en tous sens ; on demande de même le nombre de chocs survenus seulement entre des molécules d'espèce différente.

Partageons les molécules de première espèce en groupes dont les vitesses correspondent aux divers éléments ω de la sphère figurative. En réduisant la première espèce à un groupe unique on sera ramené à la troisième disposition, sauf que le nombre n doit être remplacé par $\frac{n\omega}{4\pi}$, et les nombres de chocs qui étaient exprimés par m, m', le seront maintenant par $\frac{m\omega}{4\pi}$, $\frac{m'\omega}{4\pi}$; en additionnant ces valeurs pour tous les groupes, les facteurs m, m' restent les mêmes et l'on n'a à ajouter que les valeurs de $\frac{\omega}{4\pi}$, ce qui donne l'unité. Par suite les formules (6), (8), (9), (12), donneront encore le nombre total m de chocs entre les molécules d'espèce différente, et le nombre m' sera celui des chocs où l'une des nouvelles vitesses est comprise entre x et $x + dx$.

Cinquième disposition. Passons maintenant au cas réel, où les vitesses sont variables à l'infini. Nommons N le nombre total des molécules du gaz. En faisant varier la vitesse de o à l'infini par petits accroissements égaux, les molécules se trouveront réparties en un pareil nombre de groupes, et nous désignerons par $N\varphi(x)dx$ le nombre de celles dont la vitesse, au commencement du temps t, est comprise entre x et $x+dx$.

Les chocs contre les parois n'altèrent point la vitesse, mais si l'on considère l'ensemble des vitesses de toutes les molécules, tout choc entre celles-ci a pour effet de supprimer deux vitesses et d'en créer deux autres. Le nombre des vitesses, comprises entre x et $x+dx$, qui sont supprimées pendant le temps t est celui des chocs survenus entre le groupe unique de nombre $N\varphi(x)dx$ d'une part, et tous les groupes d'autre part. Ce sera donc la somme des valeurs de m, en y remplaçant n, n' par $N\varphi(x)dx$, $N\varphi(v)dv$, u par x, et faisant varier v de o à l'infini. D'après les formules (6) et (8) cette somme sera $N^2at\psi(x)dx$, en possant

$$(13) \qquad \psi(x) = \varphi(x)\int_0^\infty f(x,v)\varphi(v)dv.$$

Quant aux vitesses comprises entre x et $x+dx$ qui seront créées pendant le temps t, elles pourront provenir de chocs survenus entre deux groupes quelconques, correspondant aux vitesses u et $u+du$, v et $v+dv$. Le nombre cherché s'obtiendra donc en remplaçant dans l'expression (12), n et n' par $N\varphi(u)du$, $N\varphi(v)dv$, puis ajoutant les valeurs du résultat qui correspondent à toutes celles de u et v; toutefois de cette façon chaque association possible de deux groupes se trouvera comptée deux fois, de sorte qu'on devra prendre la moitié de la somme ; d'après les formules (6) et (12) le nombre cherché sera

$$N^2at\psi'(x)dx,$$

en posant

$$(14) \qquad \psi'(x) = 2x\int_0^\infty\int_0^\infty F(u,v)\varphi(u)\varphi(v)du dv.$$

Le nombre des vitesses comprises entre x et $x+dx$ croîtra ou décroîtra constamment jusqu'à l'instant où il en sera supprimé et créé pendant le temps t une égale quantité; cette condition, qui caractérise l'état final, se réduit à $\psi(x)=\psi'(x)$; la fonction $\varphi(x)$ doit être déterminée de façon à satisfaire l'équation précédente pour toute valeur de x.

L'unité de longueur, choisie arbitrairement d'abord, doit maintenant être ramenée à un mètre. Le changement qui en résulte dans les formules est le même que si l'on avait supposé l'enceinte d'un mètre cube; aussi, quelle que soit cette enceinte, il se réduit à prendre pour N le nombre de molécules contenues dans un mètre cube.

Conditions accessoires.

Le nombre de molécules d'un groupe étant $N\varphi(x)dx$, on doit, en l'ajoutant pour tous les groupes, retrouver N, d'où résulte

$$\int_0^\infty \varphi(x)dx = 1. \tag{15}$$

Une autre donnée est fournie par la valeur de la pression; celle-ci pour une portion de paroi S d'un mètre carré, a pour valeur $p=\Sigma f$, la somme s'étendant à toutes les molécules du milieu, f étant pour chacune son action normale sur S. Mais ces actions étant intermittentes, il est préférable de la remplacer par sa valeur moyenne pendant un temps t, celui-ci étant assez court pour que le trajet d'une molécule pendant sa durée soit peu considérable par rapport aux dimensions de l'enceinte. On aura ainsi

$$p = \frac{1}{t} \Sigma \int_0^t f dt.$$

La quantité $\int f dt$ ne diffère de o pour une molécule que si elle choque la paroi pendant le temps t, et dans ce cas elle mesure l'impulsion de la paroi sur la molécule, c'est-à-dire $2mv$, v étant la composante normale de sa vitesse. Par suite

$$p = \frac{2m}{t} \Sigma v,$$

la somme Σ s'étendant à tous les chocs contre la paroi S pendant le temps t.

Premier cas : Supposons que toutes les molécules ont des vitesses h, égales et parallèles, les rapprochant de la paroi, et faisant avec la normale à celle-ci un angle aigu θ. Dans ce cas pour qu'une molécule produise un choc, elle doit se trouver au commencement du temps t dans un prisme ayant pour base S et ses arêtes de longueur ht, parallèles aux vitesses : son volume étant $ht \cos \theta$, le nombre des molécules qu'il renferme est N $ht \cos \theta$, et c'est aussi le nombre des chocs. De plus $v = h \cos \theta$, d'où résulte

$$p = 2m\mathrm{N}h^2 \cos^2 \theta.$$

Deuxième cas. Les molécules ont une même vitesse h, dirigée indifféremment en tous sens.

On les partagera en groupes dont les vitesses correspondent au divers éléments ω d'une sphère figurative, et l'on devra remplacer N par N $\frac{\omega}{4\pi}$, en prenant pour ω une

zone mince parallèle à la paroi. On aura, comme on l'a vu, $\omega = 2\pi \sin\theta d\theta$, et en intégrant de o à $\frac{1}{2}\pi$, pour ne compter que les molécules se rapprochant de la paroi, il vient

$$p = m\mathrm{N}h^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\theta . \sin\theta . d\theta = \frac{1}{3} m\mathrm{N}h^2,$$

formule connue, qu'on déduit souvent d'autres considérations, et dont on tire la valeur numérique de h.

Troisième cas. En tenant compte des inégalités de vitesse, les molécules seront partagées par groupes; celles d'un même groupe, dans l'unité de volume, sont en nombre $\mathrm{N}\varphi(x)dx$ qu'on devra substituer à N, et en ajoutant le résultat pour tous les groupes, on aura

$$p = \frac{1}{3} m\mathrm{N} \int_0^{\infty} x^2 \varphi(x) dx.$$

Il en résultera

$$\int_0^{\infty} x^2 \varphi(x) dx = h^2. \tag{16}$$

Résolution de l'équation $\psi(x) = \psi'(x)$.

D'après la formule (9), la fonction $f(u, v)$ ayant deux formes distinctes, l'intégrale (13) doit être partagée en deux autres, ce qui donne

$$\psi(x) = \varphi(x)\int_0^x \left(x + \frac{v^2}{3x}\right)\varphi(v)dv + \varphi(x)\int_x^\infty \left(v + \frac{x^2}{3v}\right)\varphi(v)dv.$$

On peut de même dans la valeur (14) de $\psi'(x)$ regarder *dudv* comme l'élément de surface du plan, et partager l'intégrale en plusieurs autres, correspondant aux diverses régions de la figure. D'après les valeurs (12) de $F(u, v)$ on aura ainsi

$$\psi'(x) = 2x\int_0^x dv\int_x^\infty \frac{\varphi(u)\varphi(v)}{u}\,du + 2x\int_0^x du\int_x^\infty \frac{\varphi(u)\varphi(v)}{v}\,dv +$$

$$+ 2x^2\int_x^\infty\int_x^\infty \frac{\varphi(u)\varphi(v)}{uv}\,dudv + 2x\lambda,$$

où λ correspond au segment ACBE, de sorte qu'on a

$$(17)\quad \lambda = \int_0^x \frac{\varphi(u)du}{u}F'(u),\quad F'(u) = \int_{\sqrt{x^2-u^2}}^x \frac{\sqrt{u^2+v^2-x^2}}{v}\varphi(v)dv,$$

Les autres parties de la valeur de $\psi'(x)$, dont deux sont égales, se décomposent en produits. En posant

$$f = \int_x^\infty \frac{\varphi(v)dv}{v} = \int_x^\infty \frac{\varphi(u)du}{u},\quad f' = \int_x^\infty v\varphi(v)dv,$$

$$g = \int_0^x \varphi(v)dv = \int_0^x \varphi(u)du,\quad g' = \int_0^x v^2\varphi(v)dv,$$

on aura

$$(18)\quad \begin{cases} \psi(x) = \left[xg + \frac{1}{3x} g' + f' + \frac{x^2}{3} f\right]\varphi(x), \\ \psi'(x) = 2x\lambda + 4xfg + 2x^2f^2. \end{cases}$$

Le premier procédé qui se présente pour trouver $\varphi(x)$ consiste à lui attribuer la forme d'une série $a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \ldots$; il faut alors poser

$$\int_0^\infty \frac{\varphi(v)dv}{v} = k, \quad f = k - \int_0^x \frac{\varphi(v)dv}{v};$$

$$\int_0^\infty v\varphi(v)dv = k', \quad f' = k' - \int_0^x v\varphi(v)dv.$$

De la sorte $\psi(x)$, $\psi'(x)$, outre les constantes k, k', ne contiendront que des intégrales limitées. La valeur de λ, en y remplaçant u et v pour l'intégration par $u'x$, $v'x$, se trouvera développée en série, les coefficients contenant certaines intégrales définies aisément réductibles les unes aux autres. Il est inutile de donner le développement de ce calcul qui est fort compliqué; il faut seulement remarquer que les coefficients a_1, a_2, a_3, etc., se trouvent tous exprimés en fonction de k et k'. Par conséquent si une fonction est développable suivant les puissances de x, contient deux paramètres indéterminés, et satisfait quand on la prend pour $\varphi(x)$ l'équation $\psi(x) = \psi'(x)$ ce sera la solution, et cela surtout d'une manière complète si elle est développable pour toute valeur de x en série convergente. La valeur de $\varphi(x)$ qui satisfait toutes ces conditions est la suivante :

$$(19)\qquad \varphi(x) = \alpha x^2 e^{-\beta x^2},$$

e étant la base des logarithmes népériens, α et β deux constantes arbitraires positives ; elle est développable en série pour toutes les valeurs de x, et d'après ce qu'on vient de voir il suffit de vérifier qu'elle satisfait l'équation $\psi(x)=\psi'(x)$; il suffira de supposer $\alpha=1$, le facteur commun α^2 disparaissant partout. Les valeurs de f, etc., deviennent alors :

$$g=\int_0^x v^2 e^{-\beta v^2} dv, \quad g'=\int_0^x v^4 e^{-\beta v^2} dv$$

qu'on ne peut trouver sous forme finie, puis

$$f=\int_x^\infty e^{-\beta v^2} v dv = \frac{1}{2\beta} e^{-\beta x^2}, \quad f'=\int_x^\infty e^{-\beta v^2} v dv \times v^2 ;$$

pour f' l'intégrale indéfinie par partie est

$$-\frac{v^2}{2\beta} e^{-\beta v^2} + \frac{1}{\beta}\int e^{-\beta v^2} v dv,$$

ou entre les limites

$$f'=\frac{x^2}{2\beta} e^{-\beta x^2} + \frac{f}{\beta} = \left(\frac{x^2}{2\beta} + \frac{1}{2\beta^2}\right) e^{-\beta x^2}.$$

En substituant ces valeurs de f, f', les formules (18) deviennent

$$\psi(x) = x^2 e^{-\beta x^2}\left[xg + \frac{g'}{3x} + \left(\frac{2x^2}{3\beta} + \frac{1}{2\beta^2}\right) e^{-\beta x^2}\right],$$

$$\psi'(x) = 2x\lambda + \frac{2x}{\beta} e^{-\beta x^2} g + \frac{x^2}{2\beta^2} e^{-2\beta x^2},$$

et en posant

$$e^{\beta x^2}\Big[\psi(x) - \psi'(x)\Big] = \psi''(x),$$

il en résulte

$$\psi''(x) = \left(x^3 - \frac{2x}{\beta}\right) g + \frac{x}{3} g' + \frac{2x^4}{3\beta} e^{-\beta x^2} - 2x\lambda e^{\beta x^2}.$$

Ensuite la formule (17) devient :

$$\lambda = \int_0^x u e^{-\beta u^2} F'(u) du\,, \quad F'(u) = \int_{\sqrt{x^2-u^2}}^x \sqrt{(u^2+v^2-x^2)} e^{-\beta v^2} v dv.$$

En prenant pour variable

$$\sqrt{u^2 + v^2 - x^2} = y, \text{ d'où } v^2 = x^2 - u^2 + y^2, \quad vdv = ydy,$$

on aura

$$F'(u) = e^{\beta(u^2-x^2)} \int_0^u y^2 dy e^{-\beta y^2}, \quad \lambda = e^{-\beta x^2} \int_0^x u du F''(u),$$

en posant

$$F''(u) = \int_0^u y^2 dy e^{-\beta y^2}.$$

L'intégrale indéfinie par partie est

$$\lambda e^{\beta x^2} = \frac{1}{2} u^2 F''(u) - \frac{1}{2} \int u^4 e^{-\beta u^2} du\,,$$

et entre les limites, il en résulte

$$\lambda e^{\beta x^2} = \frac{1}{2} x^2 g - \frac{1}{2} g'\,;$$

en substituant dans la valeur ci-dessus de $\psi''(x)$ on a

$$\psi''(x) = \frac{4}{3} xg' - \frac{2x}{\beta} g + \frac{2x^4}{3\beta} e^{-\beta x^2}.$$

Enfin en intégrant indéfiniment par partie on a

$$g' = -\frac{v^3}{2\beta} e^{-\beta v^2} + \frac{3}{2\beta}\int v^2 e^{-\beta v^2} dv,$$

ou entre les limites :

$$g' = -\frac{x^3}{2\beta} e^{-\beta x^2} + \frac{3}{2\beta} g,$$

d'où résulte identiquement

$$\psi''(x) = 0 \text{ et par suite } \psi(x) = \psi'(x).$$

La formule (19) représente donc bien la loi des vitesses, et l'on trouvera α, β en la substituant dans les équations (15) et (16), ce qui donne

$$\alpha\int_0^\infty x^2 e^{-\beta x^2} dx = 1, \quad \alpha\int_0^\infty x^4 e^{-\beta x^2} = h^2;$$

toutefois il sera plus simple d'employer le nombre h' en posant

$$h^2 = \frac{3}{2} h'^2, \text{ ou } h' = h\sqrt{\frac{2}{3}} = 0{,}82\, h.$$

L'intégrale connue

$$\int_0^\infty e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2},$$

donne, en remplaçant x par $x\sqrt{\beta}$, et différenciant deux fois par rapport à β,

$$\int_0^\infty e^{-\beta x^2}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{\beta}}, \int_0^\infty x^2 e^{-\beta x^2}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{4\beta^{\frac{3}{2}}}, \int_0^\infty x^4 e^{-\beta x^2}dx = \frac{3\sqrt{\pi}}{8\beta^{\frac{5}{2}}};$$

les relations ci-dessus deviennent ainsi :

$$\frac{\alpha\sqrt{\pi}}{4\beta\sqrt{\beta}} = 1, \quad \frac{3\alpha\sqrt{\pi}}{8\beta^2\sqrt{\beta}} = \frac{3}{2}h'^2, \text{ d'où } \beta = \frac{1}{h'^2}, \quad \alpha = \frac{\alpha'}{h'^3},$$

en posant

$$\alpha' = \frac{4}{\sqrt{\pi}}.$$

La loi des vitesses est ainsi

$$\varphi(x) = \frac{\alpha'}{h'^3} x^2 e^{-\frac{x^2}{h'^2}}.$$

Le maximum de cette expression correspond à $x = h'$. Il semble que les vitesses pour certains groupes pourraient devenir indéfiniment grandes, mais ce n'est qu'apparent. En effet soit μ la proportion des molécules dont la vitesse dépasse nh', n étant un nombre de plusieurs unités, on aura, en changeant x en $h'y$

$$\mu = \int_{nh'}^\infty \varphi(x)dx = \alpha' \int_n^\infty y^2 e^{-y^2}dy,$$

ou en intégrant par partie

$$\frac{\mu}{\alpha'} = \frac{1}{2} ne^{-n^2} + \frac{1}{2}\int_n^\infty e^{-y^2} dy; \text{ or } \int_n^\infty e^{-y^2} dy =$$

$$= \int_n^\infty \frac{1}{y} e^{-y^2} y dy < \int_n^\infty \frac{1}{n} e^{-y^2} y dy,$$

par suite :

$$\mu < \alpha' \left(\frac{1}{2} n + \frac{1}{2n} \right) e^{-n^2}.$$

Pour $n = 10$ ou $x > 8\,h$ environ, cette valeur de μ ne commencerait qu'à la 43[me] décimale, et la théorie, établie pour des groupes nombreux, ne peut s'étendre à des cas singuliers qui ne concerneraient peut-être qu'une ou deux molécules. Les grandes vitesses ne peuvent être amenées que par une série de chocs disposés par hasard d'une manière favorable. Il en est tout autrement des vitesses très faibles, qu'un choc unique peut produire.

La proportion μ' des vitesses inférieures à une certaine valeur de x est $\mu' = \int_0^x \varphi(x) dx$, et si $\frac{x}{h'}$ est petit, on peut remplacer l'exponentielle par l'unité, ce qui donne

$$\mu' = \frac{\alpha'}{h'^3} \int_0^x x^2 dx = \frac{\alpha'}{3} \left(\frac{x}{h'} \right)^3$$

par exemple, la proportion des vitesses inférieures à $\frac{h'}{10}$ est d'environ 0,00075.

L'ORGANISATION DES CŒNOGONIUM
ET LA THÉORIE DES LICHENS

PAR

M. le Dr J. MULLER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 1er septembre 1881.)

Le genre Cœnogonium, établi dans la classe des Lichens, en 1820, par Ehrenberg, se compose aujourd'hui d'environ une vingtaine d'espèces, qui croissent toutes dans les régions chaudes des deux hémisphères. Leurs fruits ou apothécions et leurs spores sont conformes à ceux de la section Biatorina du genre Patellaria, tandis que leur thalle, ou partie végétative, a une structure totalement différente, qui rapproche ce genre des Graphis.

Si de ce thalle on examine les éléments constitutifs qui sont filiformes, peu ramifiés, plus ou moins parallèles entre eux, très lâchement unis en une masse feutrée qui peut avoir, selon les espèces, la forme d'un petit gazon ou d'un coussinet aplati, ou qui se développe horizontalement sous forme d'un éventail d'environ 2-8^{cm}. de diamètre, on est frappé de la grande ressemblance que montrent ces éléments filamenteux avec les filaments des Conferves. Des tubes (filaments) larges d'environ 5-30 μ ($\mu = \frac{1}{1000}{}^{mm}$), selon les espèces, contiennent une série simple de cellules vertes, chargées de chlorophylle, qui

se touchent bout à bout, et qui sont ordinairement plusieurs fois plus longues que larges. Mais là s'arrêtent les détails si l'on étudie avec un microscope ordinaire, et c'est ainsi qu'Ehrenberg avait dessiné l'analyse de son nouveau genre.

Par une meilleure méthode analytique, et à l'aide d'objectifs bien supérieurs, le Dr Karsten et le professeur Schwendener ont reconnu, en 1862, qu'autour des gros filaments confervoïdes il existe d'autres filaments beaucoup plus grêles, d'un diamètre d'environ 1-2 μ, qui semblent être hyalins, et qui rampent en quelque sorte à la surface des gros filaments verts. Il n'y a qu'une seule série autour des filaments verts, et encore cette série est-elle interrompue, les filaments grêles ne se touchant pas latéralement d'une manière régulière, mais ils montrent souvent des anastomoses et y forment parfois, du moins par places, un réseau assez serré.—Nous eûmes dès lors deux éléments constitutifs dans le thalle des Coenogonium comme dans les autres Lichens, celui des grosses cellules vertes encore renfermées dans leur cellule-mère, correspondant au gonidies, et celui des filaments grêles et hyalins, correspondant aux filaments hyphoïdaux. Mais une corrélation génétique entre les deux n'était pas encore observée en 1866 (de Bary, Morphol. et Physiol. der Pilze und Flechten, p. 270).

Il est donc clair que d'après la célèbre théorie du prof. Schwendener, émise en 1867, les gros filaments verts représenteraient l'algue nourricière, et les filaments grêles hyphoïdaux seraient le champignon parasite, les deux formant ensemble le thalle d'une plante qui n'aurait plus, à titre de mélange, sa place légitime parmi la série des classes des végétaux.

A côté de cette structure normale, on trouve parfois des individus incomplets, chez lesquels les filaments grêles enveloppants manquent, comme dans le *C. confervoïdes* Nyl. et d'autres. Dans ce cas les plantes sont nécessairement stériles, sans apothécion, car ceux-ci se forment, suivant les recherches du prof. Schwendener (Flor. Ratisb., 1862, tab. 1) exclusivement par le concours des filaments hyphoïdaux. Cette différence cependant n'est pas partout absolue, car le nouveau Cœnogonium pannosum (que je viens de publier dans la Flora de Ratisb. de cette année, Lichenol. Beitr., n° 309), originaire du Brésil, envoyé par M. Puiggari, présente à la fois les deux cas : certains filaments ne montrent que le gros tube vert, les gonidies, et d'autres du même gazon, chargé d'apothécions, sont entourés d'un petit nombre de filaments grêles hyphoïdaux.

Or ce sont justement des filaments de cette dernière catégorie qui m'ont montré, lorsque j'ai analysé l'espèce citée pour ses caractères spécifiques, un cas remarquablement démonstratif, qui fait l'objet de cette note, et qui confirme les beaux résultats généraux récemment publiés dans le splendide ouvrage du Dr Minks.

Ce filament, dans une grande partie de sa longueur, mesurait 8 μ en diamètre, et ne se composait que du gros tube vert. Il était conforme au gros tube vert des autres filaments du même gazon, dont le plus grand nombre était lâchement couvert ou doublé d'un petit nombre de filaments grêles hyphoïdaux. Il contenait donc les gonodies cylindriques vertes qui simulaient des articles de conferve, il était l'algue de la théorie. Mais à un certain point ce gros tube gonidiophore se rétrécissait brusquement, sous la forme d'un cône un peu plus long que large, et continuait après sous forme d'un tube très grêle, capillaire,

large de seulement 2 μ, sans qu'il y eût discontinuité de la cavité entre le gros tube et la partie très grêle. Le tout n'était formé que d'une seule cellule, d'abord large, ensuite très étroite, et la partie étroite était relativement hyaline, et en outre parfaitement conforme aux tubes grêles hyphoïdaux du champignon théorique, qui couvrent le gros tube vert ou l'algue théorique dans d'autres filaments de la même espèce. Au surplus la partie étroite, étudiée avec de puissants objectifs à immersion, et à l'aide du condensateur de lumière du prof. Abbé, montrait clairement les microgonidies, les gonidies à l'état préliminaire sous leur forme et grandeur et disposition normales, et sous ce rapport encore il y avait conformité entre la partie étroite et les tubes hyphoïdaux enveloppants des filaments doublés.

Il s'ensuit qu'une seule et même cellule, du côté élargi et gonidiophore, aurait été l'algue théorique, et de l'autre côté resté étroit et contenant des microgonidies, elle aurait été le champignon théorique, ce qui prouve, de la manière la plus absolue, la fausseté de la théorie, une même cellule ne pouvant pas appartenir à la fois à deux classes de végétaux. Il n'y a ici ni champignon ni algue, tout est Lichen, rien que Lichen, et les deux sortes de tubes, si différents à première vue, ne sont que des états différents d'évolution d'un seul et même organe. Les tubes hyphoïdaux, très grêles, sont la partie primaire contenant les microgonidies; cette partie primaire peut rester toujours dans cet état, ou aussi elle peut grossir et s'allonger pendant que ses microgonidies, nées par formation libre, passeront à l'état de gonidies, et alors les tubes grêles hyphoïdaux seront devenus gros tubes gonidiophores.

RECHERCHES

SUR LE

ROLE DE LA CHLOROPHYLLE DANS LES VÉGÉTAUX

PAR

Mr. PRINGSHEIM.

Depuis plusieurs années déjà, M. le prof. Pringsheim, a appliqué à l'étude du rôle de la chlorophylle dans les végétaux des méthodes nouvelles qui l'ont amené à des découvertes importantes. Ces travaux ont été consignés au fur et à mesure dans un certain nombre de mémoires spéciaux. Nous avons ici même (3me période, tome 2, p. 43) signalé l'un des plus importants. Aujourd'hui M. Pringsheim a réuni les résultats de ces recherches dans une publication étendue, accompagnée de nombreuses planches[1]; il y a formulé une nouvelle théorie de l'assimilation dans les végétaux qui s'écarte sensiblement de toutes les idées reçues jusqu'à ce jour.

La première partie est consacrée à l'étude du grain de chlorophylle lui-même. Pour séparer le pigment coloré du corps chlorophyllien, l'auteur a abandonné l'an-

[1] *N. Pringsheim, Untersuchungen über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Planze.* Leipzig, 1881, Engelmann, 152 pages, 16 pl.

cienne méthode de la dissolution dans l'alcool et employé la chaleur humide ou les acides dilués. Par le premier de ces procédés, le principe colorant n'est pas dissout ; il se sépare du grain de chlorophylle sous la forme d'une goutte plus ou moins liquide, de consistance huileuse et colorée en vert. Le squelette du grain lui-même entièrement décoloré présente une structure en lamelle criblée dans les mailles de laquelle se trouvait renfermé le pigment vert avec la matière graisseuse qui le porte. Cette structure parfaitement uniforme du grain de chlorophylle a été retrouvée dans les familles les plus diverses soit de cryptogames, soit de phanérogames. L'apparence ne varie que lorsque la température est assez élevée pour amener une forte dilatation de l'amidon renfermé dans la chlorophylle ; dans ce cas le grain se trouve plus ou moins irrégulièrement déchiré.

L'emploi des acides dilués (surtout de l'acide chlorhydrique dilué de quatre parties d'eau) donne des résultats encore plus intéressants. Sous leur influence, les grains de chlorophylle perdent leur coloration verte, deviennent jaunâtres ou brunâtres et ne sont pas autrement affectés au premier moment. Mais au bout de quelques heures, on voit se développer surtout à leur périphérie de petites masses d'un brun rougeâtre plus ou moins accentué, de forme irrégulière et très variable et dont auparavant on ne pouvait pas soupçonner la présence. C'est à ce corps nouveau que M. Pringsheim a donné le nom d'*hypochlorine*. Les différentes qualités qui distinguent cette substance, sa solubilité dans l'éther, l'alcool, la benzine, le sulfure de carbone, son insolubilité dans l'eau, les acides dilués, etc., semblent indiquer qu'elle rentre dans la catégorie des graisses ou des cires. L'hy-

pochlorine n'est pas un dérivé de la chlorophylle produit sous l'influence de l'acide même ; elle y existait précédemment. Différents arguments le prouvent suffisamment: 1° L'apparition de l'hypochlorine ne succède pas immédiatement à l'application de l'acide, mais se manifeste peu à peu et au bout d'un certain temps; 2° tous les grains de chlorophylle n'en renferment pas la même quantité, ce qui semble indiquer que dans la plante, elle ne reste pas en proportion stationnaire; 3° des cellules de la même plante (par exemple de Spirogyra) en contiennent à différentes périodes des quantités fort différentes.

Dans les algues dont la chlorophylle amorphe n'est pas groupée en grains nettement limités, l'hypochlorine n'est pas répandue uniformément partout ; elle se rencontre à certaines places bien déterminées, surtout dans le voisinage des groupes d'amidon, et c'est encore une preuve en faveur de l'idée de son existence autonome et antérieure à l'application de l'acide.

L'hypochlorine est toujours très instable dans les tissus, elle disparaît sous l'influence d'une chaleur assez modérée pour ne pas affecter le principe colorant, et l'action de l'acide chlorhydrique ne produit alors plus aucun effet. Elle est renfermée dans le tissu même du grain de chlorophylle et tout à fait indépendante du principe colorant. Elle ne se rencontre que dans les cellules parfaitement saines; toutes celles qui naturellement ou artificiellement sont affectées en quelque manière que ce soit n'en renferment pas.

Ces faits permettent donc de dépeindre le grain de chlorophylle comme une petite masse solide, de structure criblée dans les mailles de laquelle se trouvent répandues

deux substances de consistance plus ou moins huileuse, le principe colorant et l'hypochlorine. Lorsque le grain contient encore d'autres produits solides tels que l'amidon, ils paraissent renfermés dans une petite cavité au centre de la masse.

Pour étudier l'action de la lumière sur l'hypochlorine et sur la chlorophylle en général, l'auteur a employé la méthode d'un éclairage intense obtenu au moyen de la condensation des rayons solaires par une lentille sur le porte-objet du microscope. Nous n'entrerons pas ici dans le détail des appareils employés et des précautions à prendre. Par ce procédé, l'auteur a pu faire dans des temps très courts variant de 5 à 15 minutes, nombre d'observations importantes sur l'action directe des rayons solaires sur la cellule.

Cette action se fait d'abord sentir sur le principe colorant de la chlorophylle qui est détruit par la lumière intense, sans que le squelette du grain offre aucune modification. Le pigment détruit ne se régénère pas, mais l'action est strictement limitée à la place frappée des rayons directs. A côté de l'image directe du soleil condensée par la lentille, la couleur reste normale. Le protaplasma est aussi atteint à son tour ; les courants s'arrêtent, et toute la masse subit des contractions caractéristiques. Ces différents effets se succèdent et l'observateur peut à volonté, décolorer une cellule, par exemple, de Nitella, puis suspendre momentanément ou arrêter définitivement le courant protoplasmique. Le même phénomène se manifeste dans les organes non verts, tels que les poils de Tradescantia chez lesquels la lumière intense arrête le courant.

Pour que cette action de la lumière intense se fasse

sentir, deux conditions indispensables sont nécessaires, la présence des rayons réfringents et celle de l'oxygène. En l'absence de ce gaz, le principe colorant reste absolument sans modification. Par conséquent la lumière agit sur l'affinité de la plante pour l'oxygène et cela surtout par ses rayons les plus éclairants.

Quant à la manière dont se comportent, sous l'influence d'une lumière intense, les diverses parties constitutives de la cellule, il faut d'abord remarquer que, puisque l'action de la lumière est intimement liée à la présence de l'oxygène, elles se diviseront de suite en deux catégories, celles qui sont oxydables et celles qui ne le sont pas ; les premières pourront d'emblée être considérées comme les matériaux naturels de la respiration des parties vertes.

Le principe colorant de la chlorophylle est détruit tout d'abord ; au bout de quelques minutes, il a disparu complètement sans qu'on puisse en retrouver aucune trace et sans qu'aucun corps nouveau fasse son apparition. Il est donc probablement emmené avec les produits gazeux de la respiration. Aucune cellule vivante ne peut régénérer son pigment coloré une fois qu'il a été détruit. Quelque petit que soit le dommage causé à la cellule en général, les places décolorées restent toujours décolorées. Donc la destruction de la chlorophylle dans la nature est toujours un fait pathologique ; cela fait tomber bien des idées émises jadis sur le rôle que devait jouer, dans la vie végétale, la destruction et la reconstitution de la chlorophylle.

Le squelette du grain de chlorophylle n'est, en apparence, pas modifié ; il garde sa forme et sa position, mais sa nature chimique ou sa constitution moléculaire ont dû

changer, car il est devenu plus dur, plus résistant, et moins sujet à dilater dans l'eau.

Des substances que renferment les grains de chlorophylle, les plus oxygénées, l'huile, le tannin et surtout l'amidon, ne subissent aucune modification; ce dernier, en particulier, reste parfaitement intact avec ses réactions caractéristiques même dans les cellules tuées par la lumière. Sa production n'est donc pas liée, comme on l'a avancé quelquefois, à la destruction de la chlorophylle. L'amidon n'est pas non plus produit sous l'influence de la lumière intense; s'il n'y en avait pas avant l'expérience, il n'y en a pas après; ce fait ne contredit pas le développement d'amidon dans la chlorophylle à la lumière ordinaire, mais montre simplement qu'il n'est pas le produit direct de l'assimilation.

L'hypochlorine, au contraire, est détruite partout et très rapidement sous l'influence d'une lumière intense; elle disparaît avant le principe colorant lui-même.

Le protoplasma subit aussi des modifications assez profondes, il devient beaucoup moins contractile sous l'influence des réactifs et la cellule perd de sa turgescence. Ces phénomènes sont toujours liés à la présence de l'oxygène. Si l'insolation n'a duré qu'un temps très court, le protoplasma ne tarde pas à reprendre son état naturel; sinon les modifications sont définitives et la vie ne revient plus.

C'est en se basant sur les faits qui viennent d'être rapidement passés en revue que l'auteur a émis une nouvelle théorie sur la respiration des tissus verts à la lumière et sur la fonction du pigment chlorophyllien.

Le grain de chlorophylle est un organe destiné à la fois à la respiration et à l'assimilation; la première de ces

fonctions est particulièrement active dans les cellules vertes à cause des substances facilement oxydables qu'elles renferment et surtout de l'hypochlorine; elle augmente d'intensité à mesure que la lumière devient plus brillante, elle ne tarderait même pas à prendre entièrement le pas sur l'action assimilante et à empêcher toute accumulation de carbone dans les tissus sans la couleur verte. Ce principe colorant absorbe précisément les rayons les plus réfringents, ceux qui activent le plus fort les phénomènes d'oxydation et qui sont moins indispensables à l'assimilation. Le rôle du pigment vert est donc purement physique; il agit comme une sorte d'écran interposé sur le passage des rayons lumineux ; grâce à lui, l'oxydation est ralentie, l'assimilation peut prendre le dessus et les tissus s'accroissent. Si dans les tissus non colorés en vert la respiration reste dans des limites normales, c'est que ceux-ci ne renferment pas d'hypochlorine ou de substance analogue facilement oxydable.

Il est, par conséquent, inutile de chercher un degré d'intensité lumineuse correspondant d'une manière uniforme au maximum de réduction de l'acide carbonique ; la quantité d'oxygène éliminée ne représente que la différence entre les deux fonctions de la respiration et de l'assimilation, qui ne varient pas proportionnellement avec l'augmentation ou la diminution de l'éclairage. Le fait généralement reconnu que les rayons jaunes et voisins sont les plus favorables à la décomposition de l'acide carbonique s'explique également par le rôle purement physique du principe colorant vert; directement il ne joue aucun rôle dans l'assimilation, mais placé comme un écran sur le chemin des rayons lumineux, il ne laisse passer que ceux qui agissent le mieux dans les phéno-

mènes de réduction dont la cellule est le théâtre; les rayons absorbés, bleus par exemple, pourraient théoriquement jouer également un rôle dans l'assimilation; mais ils favoriseraient en même temps une respiration trop active.

Partant du fait que dans la respiration des organes verts à la lumière, il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique émis et du fait de la constance de volume des gaz ambiants, l'auteur admet que dans les phénomènes de réduction, il se forme directement une substance plus pauvre en oxygène que les hydrates de carbone. Par la respiration, ce premier produit de l'assimilation reçoit une quantité d'oxygène plus ou moins considérable suivant l'énergie de cette fonction; l'énergie de cette fonction, à son tour, dépend en grande partie de l'intensité de la couleur verte.

Enfin, dans sa dernière partie, l'auteur revient d'une manière plus détaillée sur l'hypochlorine, son origine et son rapport avec l'assimilation. Les deux fonctions dévolues au grain de chlorophylle, respiration et assimilation concourent à la production de matière organique nouvelle; le produit primaire de ce travail doit être le même dans les organes verts de tout le règne végétal; or ce caractère d'uniformité manque aux différentes substances, l'amidon, le sucre, etc., qui se rencontrent dans la chlorophylle; ces substances sont des dérivés de l'assimilation; on n'a jamais prouvé directement qu'elles en fussent le *produit immédiat*. Tout autre est la position de l'hypochlorine qui, dans tous les tissus verts, se rencontre toujours semblable à elle-même; comme les autres, elle appartient au groupe des hydrates de carbone, mais elle est moins oxygénée, et, sous l'influence de la respiration, elle

peut acquérir de l'oxygène et se transformer en une autre substance.

La proportion qu'en renferment les grains de chlorophylle varie incessamment et, d'une manière générale, elle tend à diminuer à mesure que la proportion des autres augmente. Appuyé sur ces considérations, l'auteur n'hésite pas à considérer l'hypochlorine comme le produit primaire de l'assimilation, produit qui absorbe à son tour de l'oxygène et, suivant l'énergie de la respiration, se transforme en différents principes plus oxygénés que lui-même.

Cette théorie trouve encore une confirmation dans le développement de l'hypochlorine dans les germes; elle n'y paraît jamais que sous l'influence de la lumière et ne se régénère pas aux dépens des principes nutritifs accumulés dans les tissus de la graine. Elle ne se développe que sous l'influence d'une lumière suffisamment intense et ne fait son apparition dans les germes étiolés que lorsqu'ils sont d'un vert foncé ; toute celle qui pourrait être produite auparavant est détruite à mesure par la respiration, l'*écran vert* n'étant pas encore suffisant pour rétablir l'équilibre entre les deux fonctions. M. M.

OBSERVATIONS PHOTOPHONIQUES

PAR

M. Henri DUFOUR,

Professeur à la Faculté des sciences de l'Académie de Lausanne.

M. Graham Bell a montré qu'on entend un son lorsqu'un rayon intermittent de lumière tombe sur un corps quelconque placé dans un vase communiquant avec l'oreille. La hauteur de ce son dépend du nombre des interruptions du rayon excitateur, elle est indépendante de la nature du corps qui influe seulement sur l'intensité du son rendu. Des articles publiés récemment sur ce sujet par M. Tyndall [1] et par M. Mercadier [2], m'ont suggéré les quelques expériences suivantes.

Les substances étudiées étaient placées dans des éprouvettes de 10 à 15 mill. de diamètre communiquant à l'oreille par un tube de caoutchouc terminé par un petit tube conique en verre pénétrant dans l'oreille. Tous les corps soumis dans cet appareil à l'action d'un rayon intermittent rendent des sons; les plus intenses ont été obtenus avec du charbon de bois, des violettes, des feuilles de géranium; les lames métalliques, comme l'a indiqué déjà M. Mercadier, rendent un son faible lorsque

[1] *Archives des Sc. phys.*, t. V, février 1881.

[2] *Journal de physique*, t. X, février 1881.

leur surface est polie, il est intense et le même pour toutes lorsqu'elles sont recouvertes de noir de fumée. Un morceau de toile métallique de laiton noircie donne un son aussi net que celui rendu par une lame continue, ce qui indique que les vibrations produites ne sont pas transversales.

Ce fait est confirmé encore par les expériences suivantes, dont les résultats négatifs pouvaient être prévus.

Expér. 1. Un fil de laiton noirci très mince, $^1/_{10}$ de mill., est tendu d'un bord à l'autre d'un anneau de métal massif, servant de garniture à une lentille faiblement convergente. Une lame de verre très mince (couvre-objet pour préparations microscopiques) est glissée entre le fil et la partie convexe de la lentille, de telle sorte qu'on voit les anneaux colorés de Newton au point de contact; le diamètre de ces anneaux varie avec la tension du fil. On soumet le fil de laiton à l'action d'un faisceau de rayons calorifiques concentrés par un miroir concave et interrompu par la rotation d'un disque de carton percé d'ouvertures équidistantes; dans ces conditions, tant que le disque ne tourne pas *très* lentement, on ne peut apprécier aucune variation dans le diamètre des anneaux.

Expér. 2. Un ruban très mince et très étroit de clinquant de zinc a été roulé en hélice; l'extrémité supérieure était fixée à un support, l'inférieure portait un petit cône de charbon de cornue communiquant par le moyen d'un fil mince avec un globule de mercure formant l'un des électrodes d'une pile, l'extrémité du cône touchait légèrement une plaque de charbon servant de seconde électrode à la pile, sur le circuit était intercalé un téléphone. Dans ces conditions, le cône de charbon presse plus ou moins sur la plaque suivant les variations de longueur de

la spirale de zinc; ces variations se traduisent donc, si elles sont assez rapides, par un son rendu par le téléphone. La spirale noircie étant soumise à l'action du rayon intermittent, on n'a pu percevoir aucun son régulier.

Ces résultats peuvent être prévus si l'on tient compte de la faible durée de l'échauffement du corps, de la valeur relativement élevée de sa chaleur spécifique, et de la petitesse du coefficient de dilatation même pour le zinc. On peut donc bien admettre que ce n'est pas le corps dans son ensemble qui subit les variations de volume, mais que le phénomène est superficiel.

On peut se demander si le son est causé par une modification de la surface *du corps lui-même,* ou de la couche gazeuse adhérente ? Dans le premier cas, le son rendu doit varier avec l'état chimique de la surface et les corps qui se modifient sous l'action de radiations très refrangibles pourront rendre un son lorsqu'ils sont soumis à leur influence.

Des plaques de verre couvertes d'une couche de sulfure alcalin très phosphorescent ont été soumises à l'action des radiations solaires interrompues; les sons, rendus toujours faibles, étaient sensiblement affaiblis lorsque la lumière était tamisée par un verre bleu.

Du papier préparé pour épreuves photographiques a donné les mêmes résultats que les plaques phosphorescentes.

On peut donc conclure que pour les corps solides au moins le phénomène est, comme l'indiquent les expériences de M. Mercadier, dû à des dilatations et à des contractions successives de la couche d'air adhérente au corps solide; toutes les causes qui tendent à augmenter

la facilité avec laquelle un corps solide absorbe et émet la chaleur rayonnante et condense les gaz seront donc favorables à la production des phénomènes photophoniques, qui peuvent à juste titre prendre dans ce cas le nom de *radiophoniques,* comme le propose M. Mercadier.

Les expériences de M. Tyndall ont porté sur l'action de la lumière intermittente sur les gaz et sur les vapeurs; l'auteur trouve dans ses intéressantes expériences la confirmation de celles qu'il a faites antérieurement sur l'athermansie de certains gaz et de plusieurs vapeurs.

En effet, lorsqu'un faisceau intermittent de rayons calorifiques tombe sur un gaz ou sur une vapeur susceptible de les absorber, on entend un son d'autant plus intense que l'absorption est plus énergique. En répétant ces expériences, j'ai entendu, comme l'indique M. Tyndall, des sons très nets avec le gaz ammoniac, la vapeur d'eau dans un vase chauffé, la vapeur d'éther.

Les odeurs qui donnent les meilleurs résultats sont l'essence de girofle et l'essence de citron.

On peut démontrer facilement par l'expérience suivante que l'intensité du son varie avec l'intensité du pouvoir absorbant :

On introduit dans une éprouvette contenant de l'air sec une petite quantité de poussière de charbon de bois très ténue; le son rendu est très intense dès qu'on agite le tube, il s'affaiblit graduellement à mesure que la poudre se dépose. Dans ces conditions, en employant un cylindre de verre d'une longueur suffisante, on peut entendre le son rendu par le gaz en plaçant l'oreille près du tube ouvert, lorsque la vitesse de rotation du disque est telle que la colonne d'air contenue dans le tube renforce par résonance le son produit.

Pour rendre visibles les variations rapides de volume qui se produisent sous l'influence du rayon intermittent on peut opérer comme suit : on place un morceau de charbon de bois, par exemple, au fond d'une éprouvette de 30 mil. de diamètre environ, puis on forme une lame de liquide glycérique ou d'eau de savon à l'extrémité ouverte de l'éprouvette qui est placée horizontalement. Les couleurs des lames minces ne tardent pas à apparaître sous la forme de bandes parallèles horizontales. La position de chaque bande dépend de la tension de la lame; lorsque le charbon est soumis à l'action du rayon intermittent on voit un déplacement des bandes colorées tant que le nombre des interruptions par seconde n'est pas trop grand.

Toutes les expériences de M. Tyndall ont porté sur les sons rendus par des gaz absorbant les radiations calorifiques, c'est-à-dire ayant de grandes longueurs d'onde.

Il m'a paru intéressant de chercher à produire le même phénomène avec les radiations à courtes périodes agissant sur un milieu susceptible de les absorber. Le mélange de chlore d'hydrogène présente sous ce rapport une sensibilité bien connue, et les variations de volume qu'il subit lorsqu'il est exposé rapidement à des alternatives de lumière et d'obscurité présentent quelque intérêt.

L'expérience était disposée de la manière suivante :

L'appareil employé consistait en un ballon A, muni de deux tubulures B et C, placés à 90° de distance; l'une d'elles B est verticale, elle est fermée par un bouchon de caoutchouc contenant deux électrodes de charbon de cornue, au-dessus desquelles est une couche de 3 à 4 centimètres d'acide chlorhydrique. La seconde tubulure C est horizontale, elle communique avec l'oreille au moyen d'un

tube de caoutchouc, ou bien peut être mise en communication avec un petit manomètre à acide sulfurique.

En faisant passer un courant, on décompose l'acide contenu dans la tubulure B, le chlore et l'hydrogène produits se mélangent à l'air du ballon; on obtient ainsi un mélange des trois gaz, dont la sensibilité peut être augmentée à volonté. Le ballon est enveloppé de drap noir ne laissant pénétrer la lumière que par une petite ouverture devant laquelle est placée la roue interruptrice. Dès que la rotation commence, on entend un son dont l'intensité varie avec la sensibilité du mélange; lorsqu'elle est assez grande, la lumière diffuse suffit pour le produire.

L'intensité du son ne varie pas lorsqu'on place sur le trajet des rayons un verre bleu-foncé, le son cesse au contraire immédiatement par l'interposition d'un verre rouge (coloré à l'oxyde de cuivre).

Lorsqu'on met le ballon en communication avec le manomètre et qu'on tourne le disque lentement, les mouvements réguliers de la colonne manométrique indiquent les variations de volume du mélange. On constate toujours une *augmentation de volume* du mélange gazeux sous l'action brusque de la lumière, cette augmentation est suivie d'une diminution si l'action de la lumière se prolonge; dans ce cas, en effet, l'acide chlorhydrique formé est absorbé par la solution appauvrie d'acide chlorhydrique en présence duquel il se trouve. Le passage de la lumière à l'obscurité est toujours accompagné d'abord d'une *diminution brusque* de volume, mais cette diminution ne tarde pas à se ralentir et finit par cesser complètement.

Ce sont ces augmentations et ces diminutions brusques de volume se succédant rapidement sous l'influence de la rotation du disque qui produisent le son. L'augmenta-

tion brusque de volume sous l'action de la lumière accompagne toujours la combinaison des deux gaz, les radiations chimiques agissent comme une élévation de température du mélange; en effet dès que la combinaison commence à avoir lieu en un point du mélange il y a dégagement de chaleur et par conséquent dilatation du mélange. Nous avions déjà indiqué ce phénomène que présente la combinaison du chlore et de l'hydrogène à propos de la construction d'un photomètre chimique[1].

D'après ce qui précède, il nous semble que l'expression d'*actions photophoniques* adoptée par M. G. Bell doit être conservée comme exprimant un fait général dont les *phénomènes radiophoniques,* quoique très fréquents, ne sont qu'un cas particulier.

Note. Les résultats précédents ont été communiqués à la Société vaudoise des Sciences naturelles dans la séance du 6 avril 1881. Dès lors, nous avons eu connaissance du second mémoire de M. Mercadier (*Journal de physique,* t. X, avril 1881) et des résultats de M. W.-C. Röntgen (*Naturforscher,* t. XIV, 30 avril 1881). Nos recherches n'ont d'autre intérêt que celui de confirmer encore les explications proposées par ces savants auteurs.

[1] *Bull. Soc. vaud. des sciences naturelles*, vol. XVII, n° 84, p. 19.

RÉSUMÉ DES DERNIERS TRAVAUX

RELATIFS A LA

PARALLAXE DU SOLEIL

Malgré les travaux occasionnés par le passage de Vénus sur le Soleil en 1874, malgré les autres moyens employés pour parvenir à connaître cette valeur si importante dans l'astronomie planétaire, l'accord est encore loin d'être établi sur sa détermination, et une récente discussion devant la Société royale astronomique de Londres aboutit à démontrer que la parallaxe solaire n'est pas connue à un dixième de seconde près, tant s'en faut.

Depuis que Hansen soupçonna que la valeur de 8″,57, alors universellement admise, ne pouvait cadrer avec la réalité, des années se passèrent jusqu'à l'époque où Le Verrier démontra la nécessité de l'augmenter. On arriva au chiffre de 8″,85, soit en se servant des perturbations des planètes, soit d'observations de la planète Mars, soit de calculs fondés sur la rapidité de la lumière ; mais ces résultats ne sont point définitifs.

Le débat dont nous rendons compte a été engagé à propos de l'envoi d'un travail de M. Gill sur « la Parallaxe solaire, déduite d'observations de Mars, faites à l'Ile de l'Ascension en 1877. » De ses mesures prises à l'héliomètre, l'auteur tire une valeur de 8″,78 pour la parallaxe, avec une erreur probable de 0″,012. S'il prend la série complète de ses observations, comprenant celles où les mêmes étoiles ne sont pas observées le matin et le

soir, en sorte que le résultat du calcul dépendrait de la position définitive des étoiles de comparaison, il obtient à peu près la même valeur; mais l'erreur probable, au lieu d'être d'environ 0″,012, s'élève à 0″,030 ou 0″,040. Ceci montre la difficulté de fixer les positions des étoiles de comparaison; car lors même qu'elles ont été observées dans les principaux observatoires de la Terre, les calculs se trouvent plus précis si l'on considère ces positions comme inconnues que si on les prend pour base de la discussion.

Des observations du passage de Vénus, faites par les astronomes français en 1874, et dont les résultats sont consignés dans les *Comptes rendus* de l'Académie du 7 mars 1881, il résulte que la parallaxe solaire doit être portée à 8″,84 ou 8″,88, et si on prend la moyenne de toutes les valeurs obtenues, on arrive même à 8″,96. La cause prédominante des discordances constatées dans les instants observés vient de la manière d'observer les contacts des deux astres. Ces instants varient avec l'espèce d'instrument employé et aussi avec le procédé de l'observateur. Ainsi, M. Janssen dit avoir observé le contact géométrique, en ajoutant qu'après ce contact le disque du Soleil était encore déformé pendant quelque temps. Il a donc fallu corriger son appréciation pour la rendre comparable à d'autres.

En 1862, un nombre considérable d'observations de Mars, faites au Cap de Bonne-Espérance, en Australie, à Greenwich, à Poulkova et ailleurs, aboutissaient pour la parallaxe du Soleil à une valeur de 8″,94 ou 8″,96. La même planète observée au méridien a fourni en 1877 une valeur encore plus grande.

Les déterminations de MM. Cornu et Michelson, fon-

dées sur la vitesse de la lumière, conduisent à un résultat de 8″,80, après avoir paru donner 8″,85. Les observations anglaises du passage de 1874, traitées par le colonel Tupman, ont commencé par l'amener au chiffre de 8″,76. Dans un mémoire subséquent, après avoir modifié l'interprétation de certaines données, il est arrivé à celui de 8″,86, sans qu'on puisse donner des raisons décisives pour préférer un de ces chiffres à l'autre.

Une récente publication du *Journal américain* annonce l'utilisation, unique dans son espèce, des photographies obtenues lors du même passage de Vénus. Elle conclut à une parallaxe de 8″,883.

Si on prend la moyenne de ces divers résultats, elle se trouve très rapprochée du chiffre 8″,88, et toute recherche, non entachée d'erreur systématique, a donné des valeurs qui sont tantôt un peu inférieures, tantôt un peu supérieures à celle-là. Mais les divergences entre ces valeurs ne doivent pas être méconnues, et le moyen le plus sûr d'écarter toute erreur est de constater les discordances pour travailler à les faire disparaître.

E. G.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 8 mai 1881.

M. le prof. *Græbe* rend compte à la Société d'un travail exécuté sous sa direction par M. Lauterbach sur un jaune de naphtaline de la « Badische Anilin- und Soda-Fabrik » à Ludwigshafen. Le jaune de naphtaline ordinaire, ou dinitronaphtol, ne se fixant pas facilement sur les étoffes, M. Caro a essayé d'en préparer l'acide sulfoconjugué. L'action directe de l'acide sulfurique ne donne pas de bons résultats; il vaut mieux partir de l'α—naphtol, lequel, traité par l'acide sulfurique fumant, fournit un dérivé trisulfonique : $C_{10}H_4\overset{OH}{(SO_3H)_3}$. Celui-ci, traité à son tour par l'acide nitrique, échange deux de ses groupes SO_3H contre deux groupes NO_2. On arrive de cette manière à l'acide sulfoconjugué du dinitronaphtol :

$$C_{10}H_4\begin{cases}-OH\\=(NO_2)_2\\-SO_3H\end{cases}$$

C'est le sel de potasse de cet acide que l'on trouve dans le commerce sous le nom de *Jaune de naphtaline S*, et que M. Lauterbach a pris pour base de ses recherches.

L'acide $C_{10}H_4 \overset{OH}{(SO_3H)_3}$ n'a été obtenu qu'en solution aqueuse, par décomposition du sel basique de plomb. C'est un acide prononcé qui décompose les carbonates alcalins. Ses sels en solution dans l'eau montrent une belle fluorescence verte ; le chlorure ferrique y produit une coloration bleue intense.

L'acide $C_{10}H_4 \begin{array}{l}-OH \\ =(NO_2)_2 \\ -SO_3H\end{array}$ se présente sous la forme de belles aiguilles jaunes. Après dessication dans le vide, le dosage du soufre lui assigne entre 3 et 4 molécules d'eau de cristallisation.

Son sel de potasse $C_{10}H_4 \begin{array}{l}-OK \\ =(NO_2)_2 \\ -SO_3K.\end{array}$ est précipité directement par l'acide libre d'une solution de sulfate de potasse. Il est facilement décomposé par l'acide chlorhydrique concentré; cette réaction peut servir à préparer l'acide libre à partir du jaune de naphtaline S du commerce.

Par l'action du chlorure d'étain, cet acide est partiellement réduit et fournit le composé

$C_{10}H_4 \begin{array}{l}-OH \\ -NO_2 \\ -NH_2 \\ -SO_3H\end{array}$, lequel est soluble dans les alcalis avec une coloration rouge sang.

Si l'on achève la réduction à l'aide de l'étain et de l'acide chlorhydrique, on arrive à l'acide

$C_{10}H_4 \begin{array}{l}-OH \\ =(NH_2)_2 \\ -SO_3H\end{array}$. Celui-ci donne par oxydation un dérivé sulfoconjugué du diimidonaphtol de Græbe :

$$C_{10}H_4\begin{array}{l}-O\ \diagdown\\-NH\diagup\\-NH_2\\-SO_3H\end{array}$$

, qui se présente sous forme d'aiguilles microscopiques d'un rouge vif. Ce corps est parfaitement neutre, tandis que le diimidonaphtol est acide ; il est probable qu'il se forme un sel dans l'intérieur de la molécule :

$$C_{10}H_4\begin{array}{l}-O\ \diagdown\\-NH\diagup\\-NH_2\ \diagdown\\-SO_3H\diagup\end{array}.$$

Si l'on fait agir sur ce dernier composé une solution concentrée et chaude de carbonate de soude, il se dégage de l'ammoniaque, et la solution acidifiée laisse déposer lentement un corps qui est le dérivé sulfoconjugé de l'acide naphtalinique :

$$C_{10}H_4\begin{array}{l}-O\diagdown\\-O\diagup\\-OH\\-SO_3H\end{array}$$

M. *Græbe* fait ensuite quelques observations sur l'impureté de l'acide benzoïque du commerce, qui contient souvent de notables quantités d'acide parachlorobenzoïque ; il en a trouvé jusqu'à 35 $^0/_0$ dans un échantillon provenant de la fabrique de Ludwigshafen. Ce fait résulte du mode de fabrication actuel de l'acide benzoïque, pour laquelle on utilise les résidus de la préparation du chlorure de benzyle. Celui-ci se fabrique en traitant le toluol bouillant par le chlore; mais comme à froid ces deux corps donnent aussi naissance au parachlorotoluol, on obtient toujours un mélange de ces deux produits, que l'on sépare ensuite par distillation. Les portions que l'on ne peut pas bien purifier sont transformées par l'acide nitrique en un acide benzoïque qui se trouve ainsi contenir de l'acide parachlorobenzoïque.

M. Græbe remarque que cette circonstance peut avoir de l'importance en médecine et expliquer les résultats contradictoires obtenus avec le benzoate de soude. On devrait, pour des expériences de ce genre, n'employer que l'acide benzoïque retiré de l'urine, lequel est parfaitement pur.

Séance du 26 juin 1881.

M. *Amé Pictet* a préparé quelques dérivés de l'acide tartrique droit et les a étudiés au point de vue de leurs propriétés optiques.

Les éthers de l'acide tartrique s'obtiennent en dissolvant celui-ci dans l'alcool correspondant et en faisant passer dans la solution un courant d'acide chlorhydrique. Après quelques jours de repos, on distille dans le vide. Le tartrate de méthyle obtenu de cette manière est une huile épaisse qui, au bout de quelque temps, se prend en une masse cristalline fusible à 48°. Les tartrates d'éthyle, de propyle et d'isopropyle sont des liquides sirupeux. Celui d'isobutyle forme des cristaux dont le point de fusion est à 68°.

Par l'action du chlorure d'acétyle et du chlorure de benzoyle sur l'acide tartrique, on obtient les anhydrides diacetyltartrique et dibenzoyltartrique, lesquels, traités par l'eau, fournissent les acides correspondants. M. Pictet en a préparé aussi quelques éthers. Il a soumis tous ces dérivés à une série d'observations polarimétriques, dont le tableau suivant donne les résultats généraux.

Les éthers tartriques de la première colonne verticale ont pu, vu leur état liquide, être soumis directement à l'observation. Les chiffres des deux autres colonnes re-

présentent au contraire les pouvoirs rotatoires des corps en solution et correspondent à des concentrations à très peu près égales (environ 5 gr. de substance active dans 100 centim. cubes de solution). Le dissolvant est partout l'alcool éthylique.

	Tartrique	Diacetyltar-trique	Dibenzoyl-tartrique
Acide	— ? [1]	— 23,14	— 117,68
Éther méthylique	+ 2,142	— 14,29	— 88,78
» éthylique	+ 7,659	+ 1,02	— 60,02
» propylique	+ 12,442	+ 6,52	—
» isopropylique	+ 14,886	—	—
» isobutylique	+ 19,874	+ 10,29	— 41,95

M. Pictet fait remarquer la gradation régulière que présentent les chiffres des trois colonnes verticales. Si dans l'acide tartrique droit ou dans ses dérivés acétylé et benzoylé on remplace les deux hydrogènes acides par un radical alcoolique, le corps tend à devenir plus dextrogyre, et cette tendance s'accentue à mesure que ce radical devient plus riche en carbone. Le contraire a lieu si ce sont les hydrogènes alcooliques de l'acide tartrique qui sont remplacés par des radicaux acides, ainsi qu'on peut l'observer en considérant les colonnes horizontales du tableau. Il serait intéressant de savoir si les mêmes relations se présenteraient chez les dérivés d'autres acides doués du pouvoir rotatoire.

M. le prof. *Græbe* a trouvé dans le carbazol en solution dans l'acide sulfurique un réactif extrêmement sensible de l'acide nitrique. Un dixième de centimètre cube

[1] L'acide tartrique droit, à l'état pur, c'est-à-dire fondu et coulé en plaques, est d'après Biot (*Ann. chim. phys.* [3]28,351) légèrement lévogyre.

d'une solution contenant 0,1 gr. de nitrate de potasse dans un litre d'eau donne encore, avec le carbazol, une coloration verte très visible. L'eau du Rhône ne donne directement aucune réaction. Il faut en prendre 10 cent. cubes pour que le carbazol y produise une coloration un peu plus forte que celle obtenue avec $^1/_{10}$ cent. cube de la solution de nitrate de potasse, mais plus faible que celle que fournit $^1/_5$ cent. cube de cette même solution. La quantité de nitrate que cette eau contient est donc infiniment petite.

M. le prof. *D. Monnier* développe un nouveau procédé d'analyse du lait. Si dans le lait on verse une solution de sulfate de cuivre, toute la caséine se précipite à l'état de caséate de cuivre et entraîne avec elle la matière grasse ; on sépare ces deux substances au moyen de l'alcool et de l'éther. Il reste en solution l'albumine du lait, ou lactoprotéine, qui se précipite à son tour à l'état d'albuminate de cuivre si l'on porte le liquide à l'ébullition. Cette substance diffère de l'albumine soluble et coagulable par la chaleur ; celle-ci donne en effet avec le cuivre un précipité qui se décompose par les lavages; or, ce n'est pas le cas pour la lactoprotéine.

Ces différentes solutions filtrant très difficilement, M. Monnier a imaginé un entonnoir qui accélère beaucoup l'opération. Il se compose d'un tambour cylindrique, terminé à sa partie inférieure par un cône surbaissé sur lequel s'applique une petite toile métallique en platine. C'est sur cette toile que vient se poser le filtre, qui présente ainsi au passage des liquides une surface beaucoup plus grande que dans les entonnoirs coniques ordinaires.

AMÉ PICTET.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

F.-P. Treadwell[1]. Diéthylketines (*Berichte*, 14, p. 1461. Zurich.)

Cette base, obtenue en réduisant la nitrosoéthylacétone, a pour formule $C_{10}H_{16}N_2$, diffère donc de la nicotine par H_2 en plus; elle a probablement la constitution suivante :

```
       CH3   CH3
        |     |
       /C  —  C\
      N |     | N
       \C     C//
        |     |
       C2H5  C2H5
```

l'auteur est d'ailleurs occupé à étudier la décomposition de cette base; il en a déjà obtenu un acide par l'oxydation au moyen de permanganate de potasse.

A. Studer. Action de l'alcool isobutirique sur le chlorhydrate d'aniline. (*Berichte*, 14, p. 1472. Zurich.)

Si l'on chauffe du chlorhydrate d'aniline avec de l'alcool méthylique, on obtient de la mono et de la diméthylaniline, mais si l'on prend de l'alcool isobutirique, la réaction n'est pas analogue et l'on obtient de l'amidobutylbenzol

$$C_6H_4 \langle {NH_2 \atop C_4H_9}$$

et des combinaisons renfermant un plus grand nombre de radicaux butyl.

Studer a aussi préparé le butylphenol $C_6H_4 \langle {C_4H_9 \atop OH}$ en trai-

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 3, VI, p. 206.

tant par le nitrite de sodium, un sel d'amidobutylbenzol, puis en chauffant avec de l'eau jusqu'au dégagement total de l'azote.

G. Lunge. Purification de la naphtaline. (*Chem. News*, 44, p. 65. Zurich.)

L'auteur recommande de fondre la naphtaline avec de l'acide sulfurique, puis de l'oxyder légèrement en traitant par le peroxyde de manganèse et enfin, après lavage, de la distiller.

V. Merz et W. Weith. Amalgames. (*Berichte*, 13, p. 1438. Zurich.)

Les amalgames sont-ils de véritables combinaisons chimiques?

Les auteurs sont arrivés à une conclusion négative en chauffant graduellement différents amalgames. Ceux d'or, d'argent, cuivre, bismuth, plomb, étain, zinc et cadmium perdent tout, ou presque tout, leur mercure à une température inférieure à l'ébulition du mercure; ils n'obtiennent à aucun moment une combinaison stable ou relativement plus stable. Si l'on rapproche ce fait de ce que lorsqu'on soumet des amalgames à la pression, on n'obtient pas le métal lui-même, mais des amalgames à proportion fixe de mercure, on doit reconnaître que beaucoup de ces combinaisons sont moléculaires, il est vrai, mais existent dans des rapports fixes. Dans les amalgames alcalins, on remarque des rapports curieux dans les points de fusion, et le mercure, quoique pouvant en être expulsé complètement á la température d'ébulition du soufre, ne l'est que très lentement.

V. Meyer. Densité de vapeurs des halogènes. (*Berichte*, 14, p. 1453. Zurich.)

On sait qu'il ressort des recherches de V. Meyer et de J. Crafts qu'à une température suffisamment élevée, les molécules des halogènes se dissocient et que pour l'iode la densité de vapeurs devient I_1; d'un autre côté Zublin, dans sa

dissertation inaugurale (Zurich, 1881), prouve qu'on ne peut que dissocier la molécule d'halogène, mais qu'on ne peut la décomposer en des corps nouveaux ni par la chaleur, ni par la voie chimique. Meyer fait remarquer que la dissociation est plus facile pour l'iode, et moins pour le brôme et le chlore, ce qui est en corrélation avec les affinités plus énergiques du chlore, soit vis-à-vis d'autres atomes, soit vis-à-vis de lui-même.

Meyer a trouvé qu'au rouge vif la densité de vapeurs de l'arsenic et du phosphore se rapprochait de As_2 et Ph_2. Il n'a pas pu prendre la densité de vapeurs du chlorure du beryllium, parce qu'il émet du chlore à de hautes températures. Quant au chlorure ferreux, qui a pour formule $Fe_2\,Cl_4$ à basses températures, il tend à se rapprocher de $Fe\,Cl$ lorsqu'on prend la densité de vapeurs à une température élevée.

J.-G. SCHMIDT. ACTION DE L'ACÉTONE SUR LE FURFUROL ET L'ESSENCE D'AMANDES AMÈRES EN PRÉSENCE D'UN ALCALI. (*Berichte*, 14, p. 1459. Zurich.)

Par l'acétone et le furfurol, on obtient un corps de la formule $C_{21}H_{20}O_6$, probablement d'après la réaction $3C_5H_4O_2 + 2C_3H_6O = C_{21}H_{20}O_6 + 2H_2O$.

L'acétone et l'aldéhyde benzoïque donneraient une substance $C_{41}H_{34}O_3$.

W. MANN. MÉTHYLDÉSOXYBENZOÏNE. (*Berichte*, 14, p. 1645. Genève.)

En traitant le chlorure de l'acide phénylacétique par le toluène en présence de chlorure d'aluminium, l'auteur obtient la méthyldésoxybenzoïne $C_6H_5CH_2CO.C_6H_4CH_3$ qui, chauffée avec de l'acide iodhydrique et du phosphore, donne la paratoluylbenzylméthane, et, traitée par le sodium et l'alcool, le paratoluylbenzylcarbinol $\begin{matrix} C_6H_5CH_2 \\ C_6H_4(CH_3) \end{matrix} \Big\rangle CH.OH$. Il se forme en outre un acide $C_{19}H_{20}O_2$. Enfin, en cuisant le carbinol avec de l'acide sulfurique dilué, on obtient le méthylstylbène $C_6H_5.CH = CH - C_6H_4CH_3$.

ZOOLOGIE

R.-S. Bergh. Der Organismus der Cilioflagellaten. Eine phylogenetische Studie. — (*Morphologisches Jahrbuch*, vol. vii, 2me cahier, 1881, p. 177-288, pl. xii-xvi.)

L'auteur s'est livré à une étude très soignée des Cilioflagellés qu'il a pu observer dans le petit Belt et dans les eaux douces du Danemark. Son mémoire se divise en trois parties, dont la première est consacrée à l'histoire critique et à la bibliographie des travaux relatifs à ce groupe. La seconde comprend la description des genres et espèces observés. M. Bergh ne s'est pas contenté d'étudier la structure anatomique de ces organismes sur lesquels il nous fournit bon nombre de renseignements nouveaux; il a fait aussi beaucoup d'observations sur la composition chimique des diverses parties de leur corps, autant que cela est possible par le moyen des réactifs. Ses descriptions appuyées par d'élégantes figures montrent quelle amplitude considérable de variations présentent certaines formes et combien il est souvent difficile de définir les limites de l'espèce.

Chez les êtres de ce groupe le corps est nu ou revêtu d'une membrane formée de cellulose ou d'une substance analogue; chez aucune des espèces qui ont été bien étudiées, on n'a trouvé de silice. La structure de la membrane est du reste très variée.

Le protoplasme est probablement toujours séparé en exoplasme et entoplasme, bien que les deux formes de cette substance soient quelquefois difficiles à distinguer. Dans le genre Polykrikos l'exoplasme contient des trichocystes. Tantôt l'entoplasme renferme de la chlorophylle, de la diatomine, de la fécule ou d'autres substances amylacées, ce qui indique un mode de nutrition semblable à celui des végétaux; tantôt ces substances manquent et le corps contient des organismes qui ont été ingérés et prouvent que l'alimentation se fait alors comme chez les animaux; tantôt enfin, on ne rencontre ni l'une ni l'autre de ces catégories de substances.

On ne peut reconnaître nulle part l'existence d'une vési-

cule contractile ; mais chez plusieurs formes marines à nutrition particulière on trouve une vésicule qui est souvent en communication avec l'extérieur par la fente du flagellum et un canal étroit.

Le nucléus de la cellule (Zellkern) est ordinairement unique ; on en trouve quatre chez le seul genre Polykrikos, qui doit être considéré comme une colonie.

Les organes locomoteurs, c'est-à-dire, les rangées de cils et le flagellum présentent, comme on le sait, de nombreuses différences dans leur position, leur développement, etc. M. Bergh a essayé d'éclaircir la morphologie comparée en ce qui concerne ces organes et les parties du corps sur lesquelles ils sont fixés.

Ce qui se rapporte à la reproduction des Cilioflagellés est encore mal connu. On a observé chez eux la fissiparité et la conjugaison. Les recherches de M. Bergh n'ont pas apporté beaucoup de lumières nouvelles sur ce point.

Le troisième et dernier chapitre du mémoire porte le titre un peu ambitieux de « Phylogénie des Cilioflagellés » L'auteur cherche à démêler la filiation de ces êtres, non seulement dans leur ensemble, mais encore pour chaque genre et même pour chaque espèce ! Les résultats d'un pareil travail ne peuvent être bien solides, car, comme le dit M. Bergh lui-même, nous n'avons pas ici de documents paléontologiques, et il nous manque par conséquent les formes intermédiaires qui ont dû exister dans les périodes antérieures à la nôtre. Aussi ne faut-il prendre des arbres généalogiques, tels que ceux que nous avons ici que pour ce qu'ils valent, c'est-à-dire, comme une représentation des rapports plus ou moins intimes que l'on croit reconnaître entre certains organismes. C'est une manière claire et commode d'exprimer les affinités telles qu'on les conçoit, et c'est, à tout prendre, la seule manière conséquente de le faire si on admet la théorie transformiste. Si quelque ridicule s'est attaché à la phylogénie, ainsi traduite sous une forme graphique, cela tient à la prétention dogmatique avec laquelle certains zoologistes ont voulu imposer leurs généalogies.

Parmi les auteurs qui ont étudié les Cilioflagellés, ce sont

Claparède et Lachmann qui ont eu, selon M. Bergh, les idées les plus justes sur la place que ce groupe doit occuper dans le système. Pour le zoologiste de Copenhague : « Les Flagellés forment un point de départ d'où se sont développés phylogénétiquement en divergeant de différents côtés les Noctiluques, les Rhizopodes, les Cilioflagellés et par ceux-ci les Péritriques qui représentent les Infusoires ciliés les plus anciens. » A. H.

G. Lunel. Mélanges ichthyologiques, 39 p. 4° et 1 pl. (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tome XXVII, 2me partie. Genève, 1881.)

La plus grande partie de ce mémoire est consacrée à l'énumération de poissons de l'île Maurice, qui n'avaient pas encore été signalés de cette provenance. Bleeker avait donné un catalogue de la faune ichthyologique de Maurice dans lequel il énumérait 471 espèces. M. Lunel en ajoute 43. En y joignant 3 poissons cités auparavant par Valenciennes, on arrive au chiffre déjà respectable de 517 espèces qui sera sans doute encore notablement grossi par les recherches futures.

M. Lunel donne des descriptions de quelques espèces critiques et des variétés marquantes. Dans les envois que le Musée de Genève a reçus de Maurice par M. de Robillard se trouvaient plusieurs échantillons d'un nouveau genre de Syngnathide, qui est décrit ici sous le nom de *Penetopteryx* (*P. tæniocephalus*). Il se distingue surtout en ce qu'il ne possède pour toute nageoire qu'une caudale rudimentaire. Cet élégant petit poisson est représenté sur la planche qui accompagne le mémoire par une figure de grandeur naturelle et plusieurs détails grossis.

M. Lunel décrit ensuite et figure un nouveau Cyprinide du genre *Nuria* (*N. longimana*), provenant du Cambodge, et donne une description détaillée d'un autre poisson d'eau douce du même pays qui lui paraît se rapporter à l'*Osphromenus microlepis*, Günther. A. H.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de SEPTEMBRE 1881.

Le 1er, pluie depuis 10 h. du matin par une assez forte bise.
4, rosée le matin.
5, forte rosée le matin, pluie le soir.
6, de 10 h. du matin jusqu'un peu après midi, tonnerres au SO, puis au N.; quelques fortes décharges électriques, accompagnées d'une chute de grêle pendant 3 minutes à midi 11 m. De 2 h. $^1/_2$ à 3 h., second orage accompagné de décharges électriques. Depuis 6 h. du soir, pendant toute la soirée, éclairs et tonnerres.
7, à 6 h. $^1/_4$ du matin, tonnerres.
10, rosée le matin, hâle dans la journée, pluie le soir.
13, rosée le matin.
14, forte rosée le matin, hâle dans la journée.
15, rosée le matin ; le soir à 10 h. éclairs au NO.
17, rosée le matin, brouillard de 6 h. à 10 h. matin.
18, forte rosée le matin, brouillard jusqu'à midi 30 m.
19, de 3 h à 4 h. après midi éclairs et tonnerres.
20, forte rosée le matin.
21, à 8 h. soir éclairs à l'Ouest ; faible secousse de tremblement de terre à 9 h. 18 m. Éclairs et tonnerres à 10 h. soir, l'orage passe du Sud au Nord.
22, très violents coups de vent de SO. et forte pluie dans la nuit.
24, forte rosée le matin ; forte bise dans l'après-midi.
26, forte rosée le matin.
27, id. léger brouillard dans la matinée.
28, forte rosée le matin.
29, forte bise tout le jour.
30, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 8 h. soir	726,06	Le 1er à 6 h. matin	722,08
9 à 10 h. matin	727,13	5 à 2 h. après midi	721,25
13 à 10 h. matin	732,75	10 à 6 h. soir	723,66
26 à 8 h. matin	732,47	21 à 8 h. soir	713,83

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	722,26	— 5,50	+10,43	— 6,16	+ 9,2	+14,1	8,99	—1,34	947	+206	820	1000	19,6	17	NNE 2	1,00	16,7	— 1,6	215,3
2	723,27	— 4,47	+ 9,62	— 6,86	+ 9,0	+11,0	8,44	—1,45	968	+224	940	1000	24,5	22	SE. 1	1,00	17,3	— 0,9	219,0
3	725,69	— 2,03	+12,77	— 3,60	+ 9,9	+16,8	9,75	—0,50	916	+169	750	970	...	...	N. 1	0,74	16,6	— 1,6	223,5
4	724,01	— 3,69	+13,48	— 2,77	+ 8,4	+19,3	9,56	—0,65	853	+104	610	990	...	...	SSO. 1	0,58	...	.....	222,0
5	721,99	— 5,69	+13,08	— 3,05	+ 6,7	+20,0	9,68	—0,49	872	+120	600	1000	5,9	8	S. 1	0,69	16,6	— 1,4	221,4
6	722,35	— 5,30	+12,66	— 3,36	+12,0	+15,0	10,55	+0,42	944	+190	840	1000	35,6	14	NE. 1	0,98	16,3	— 1,7	224,2
7	724,55	— 3,08	+15,97	+ 0,08	+12,5	+21,1	9,09	—0,99	727	— 30	410	1000	...	...	S. 1	0,62	16,4	— 1,5	221,5
8	724,15	— 3,45	+14,42	— 1,35	+11,9	+17,7	10,51	+0,47	886	+127	730	950	17,2	4	SSO. 1	0,88	16,9	— 0,9	221,1
9	726,53	— 1,05	+14,23	— 1,41	+11,8	+18,7	7,05	—2,95	630	—132	420	770	...	...	SSO. 2	0,59	15,9	— 1,9	218,5
10	724,66	— 2,89	+12,08	— 3,44	+ 7,0	+16,6	8,01	—1,94	795	+ 31	490	970	...	...	variable	0,77	12,8	— 4,9	222,0
11	724,46	— 3,06	+12,07	— 3,32	+ 9,9	+17,0	8,84	—1,06	860	+ 93	640	970	7,7	12	N. 1	0,71	...	.....	217,0
12	729,18	+ 1,69	+12,44	— 2,81	+ 9,1	+17,1	9,04	—0,81	848	+ 79	640	910	2,4	3	SSO. 1	0,93	12,9	— 4,6	214,1
13	732,08	+ 4,62	+14,92	— 0,20	+10,2	+21,1	8,66	—1,14	725	— 47	430	980	...	...	SSO. 1	0,22	13,7	— 3,8	212,4
14	731,42	+ 3,99	+14,99	+ 0,01	+ 7,2	+23,6	9,81	+0,06	770	— 4	430	910	...	...	SSO. 1	0,51	13,4	— 4,0	209,3
15	730,05	+ 2,65	+16,41	+ 1,56	+13,0	+21,5	10,99	+1,29	805	+ 29	570	920	...	..	variable	0,89	15,6	— 1,7	207,2
16	729,26	+ 1,89	+15,51	+ 0,80	+12,3	+19,1	8,42	—1,23	676	—103	480	890	...	...	N. 1	0,06	16,1	— 1,1	203,2
17	729,71	+ 2,37	+12,59	— 1,97	+ 7,5	+18,0	9,10	—0,49	841	+ 60	640	970	...	...	variable	0,37	16,3	— 0,8	198,3
18	727,12	— 0,19	+15,70	+ 1,28	+ 8,0	+23,6	10,88	+1,35	805	+ 22	610	1000	...	...	variable	0,76	...	.....	194,5
19	728,15	+ 0,88	+17,10	+ 2,82	+12,6	+24,1	10,26	+0,78	744	— 41	450	930	1,9	1	SSO. 1	0,57	16,6	— 0,3	189,8
20	725,34	— 1,90	+14,14	+ 0,01	+ 8,8	+19,6	10,19	+0,77	845	+ 58	570	990	...	...	variable	0,33	16,4	— 0,4	189,7
21	718,54	— 8,67	+15,20	+ 1,22	+12,0	+19,8	11,76	+2,40	915	+125	780	990	20,4	10	variable	0,90	16,5	— 0,2	188,3
22	721,56	— 5,62	+11,34	— 2,49	+ 8,8	+16,0	7,24	—2,06	751	— 41	540	900	2,9	5	SSO. 2	0,82	15,7	— 0,9	182,8
23	728,08	+ 0,94	+11,37	— 2,31	+ 8,0	+16,5	8,15	—1,09	830	+ 36	650	960	...	...	NNE. 1	0,54	10,7	— 5,8	183,5
24	730,84	+ 3,73	+10,73	— 2,79	+ 5,0	+16,4	7,67	—1,51	804	+ 9	580	990	...	...	NNE. 2	0,38	9,7	— 6,7	182,7
25	731,17	+ 4,10	+11,21	— 2,16	+ 7,6	+15,0	7,64	—1,47	799	+ 2	590	970	...	...	variable	0,33	...	.....	182,0
26	731,56	+ 4,52	+11,47	— 1,74	+ 4,6	+17,5	8,37	—0,68	814	+ 15	590	1000	...	...	N. 1	0,42	14,7	— 1,5	177,0
27	731,19	+ 4,19	+12,45	— 0,60	+ 7,9	+17,2	8,62	—0,36	813	+ 12	600	1000	...	...	variable	0,50	15,3	— 0,8	174,5
28	730,69	+ 3,72	+11,31	— 1,58	+ 6,1	+16,5	8,25	—0,67	830	+ 27	760	1000	0,3	1	NNE. 1	0,59	14,8	— 1,2	170,5
29	729,84	+ 2,91	+11,56	— 1,17	+ 9,1	+14,6	7,12	—1,73	726	— 78	570	850	...	...	NNE. 3	0,29	15,2	— 0,7	169,5
30	728,80	+ 1,90	+10,78	— 1,79	+ 9,8	+13,7	7,15	—1,63	770	— 36	630	910	...	...	NE. 2	0,93	14,7	— 1,1	166,5

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,88	724,09	724,21	723,97	723,79	723,78	723,81	724,20	724,33
2e »	728,87	729,23	729,25	728,82	728,31	728,06	728,11	728,49	728,65
3e »	728,62	728,87	728,80	728,31	727,75	727,52	727,63	727,95	728,30
Mois	727.12	727,40	727,42	727,03	726,62	726,46	726,52	726,88	727,09
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,49	+12,70	+14,26	+15,61	+15,73	+15,52	+14,20	+12,86	+12,32
2e »	+10,95	+13,26	+16,07	+18,12	+19,59	+17,85	+16 58	+14 68	+13 30
3e »	+ 8,51	+10,80	+13,26	+14,68	+15,41	+14,98	+13,53	+12,20	+10,78
Mois	+ 9,98	+12,25	+14,55	+16,14	+16,91	+16,12	+14,77	+13,25	+12,14
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,00	9,29	9,23	9,37	9,29	9,16	9,56	9,85	9,80
2e »	8,62	9,44	9,64	9,64	9,66	10,26	10,57	10,49	9,99
3e »	7,56	8,28	8,28	8,52	8,45	8,51	8,73	8,81	8,37
Mois	8,39	9,00	9,05	9,18	9,13	9,31	9,62	9,72	9,39
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	949	849	773	726	719	720	804	894	920
2e »	892	835	713	628	575	674	754	842	883
3e »	910	854	728	677	644	665	752	824	862
Mois	917	846	738	677	646	686	770	853	888

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 9,84	+ 17,03	0,78	+ 16,17	102,8	220,85
2e »	+ 9,86	+ 20,47	0,54	+ 15,12	12,0	203,55
3e »	+ 7,89	+ 16,32	0,57	+ 14,14	23,6	177,73
Mois	+ 9,20	+ 17,94	0,63	+ 15,15	138,4	200,71

Dans ce mois, l'air a été calme 3,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,31 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 22°,5 E. et son intensité est égale à 9,00 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1881.

Le 1er, neige et brouillard tout le jour, par une forte bise.
2, brouillard tout le jour, par une très forte bise; neige le matin et le soir.
3, brouillard tout le jour, forte bise.
4, brouillard le soir.
6, pluie le matin, fort vent du SO. le soir; pluie dans la nuit suivante, marquée pour le 7.
8, pluie, brouillard, fort vent du SO. de 10 h. à 2 h.
9, neige pendant peu de temps à 8 h. du matin; la hauteur de la couche n'a pas été mesurée.
10, neige depuis 4 h. après midi.
11, neige dans la nuit et le matin de bonne heure; brouillard tout le jour.
12, brouillard le soir.
16, pluie et brouillard le matin, forte bise.
21, très forte pluie tout le jour, fort vent du SO. depuis 4 h. après midi.
22, brouillard et neige le soir.
23, brouillard le matin.
28, brouillard le matin et le soir, forte bise.
29, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. soir	565,21	Le 1er à 6 h. soir	558,87
7 à 10 h. soir	566,82	7 à 6 h. matin	563,20
13 à 10 h. soir	571,03	11 à 6 h. matin	561,62
18 à 10 h. matin	571,10	16 à 6 h. matin	567,01
27 à midi	570,01	22 à 6 h. matin	558,66
		30 à 10 h. soir	564,42

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	559,42	— 8,73	558,87	560,75	— 1,13	— 6,21	— 2,4	+ 0,7	100	8,4	....	NE. 2	1,00
2	560,68	— 7,42	559,22	561,81	— 2,17	— 7,16	— 2,8	— 1,0	120	16,8	....	NE. 3	1,00
3	563,98	— 4,06	562,14	565,21	— 0,02	— 4,92	— 1,5	+ 1,6	.....	.....	....	NE. 2	0,97
4	563,44	— 4,54	563,32	563,68	+ 3,10	— 1,71	+ 0,5	+ 8,9	.....	.....	....	NE. 1	0,79
5	563,52	— 4,40	563,22	564,05	+ 4,30	— 0,42	+ 1,7	+ 7,3	.....	.....	....	NE. 1	0,56
6	563,75	— 4,11	563,42	564,08	+ 3,43	— 1,19	+ 3,0	+ 4,4	.....	7,9	....	SO. 1	0,93
7	565,14	— 2,65	563,20	566,82	+ 4,77	+ 0,25	+ 3,0	+ 6,3	.....	5,5	....	NE. 1	0,49
8	565,13	— 2,59	564,03	566,42	+ 3,61	— 0,81	+ 3,1	+ 5,0	....	13,5	.. .	SO. 1	0,76
9	564,47	— 3,18	564,11	565,67	+ 0,36	— 3,96	— 1,0	+ 2,0	.....	1,4	....	NE. 1	0,53
10	563,46	— 4,12	562,32	564,06	+ 0,97	— 3,24	— 0,3	+ 2,9	120	13,4	....	variable	0,80
11	562,71	— 4,80	561,62	564,22	— 0,20	— 4,30	— 1,3	+ 1,5	110	9,2	....	NE. 1	1,00
12	567,02	— 0,42	564,92	569,12	+ 1,40	— 2,59	+ 0,1	+ 3,7	.....	.....	....	NE. 1	0,72
13	570,16	+ 2,79	569,43	571,03	+ 2,44	— 1,44	— 0,3	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 1	0,11
14	570,81	+ 3,51	570,79	571,00	+ 3,56	— 0,20	+ 0,8	+ 5 6	.....	.....	....	NE. 1	0,34
15	570,30	+ 3,08	569,90	570,77	+ 5,49	+ 1,85	+ 4,8	+ 7,7	... .	3,0	....	NE. 1	0,79
16	567,92	+ 0,78	567,01	568,71	+ 2,78	— 0,74	+ 1,1	+ 5,2	.....	2,6	....	NE. 2	0,37
17	569,99	+ 2,93	568,85	570,96	+ 7,93	+ 4,53	+ 5,1	+10,2	.....	.....	....	NE. 1	0,19
18	570,89	+ 3,91	570,76	571,10	+12,66	+ 9,39	+10,1	+15,0	.....	.....	....	SO. 1	0,32
19	569,42	+ 2,52	568,82	570,20	+ 7,83	+ 4,68	+ 4,9	+11 4	.....	.....	....	variable	0,41
20	566,71	— 0,11	565,81	567,74	+ 6,37	+ 3,35	+ 0,1	+10,0	.....	.....	....	SO. 1	0,17
21	561,99	— 4,75	559,13	563,72	+ 4,74	+ 1,85	+ 4,7	+ 6,2	.....	65,1	....	SO. 2	1,00
22	559,52	— 7,13	558,66	560,10	— 0,33	— 3,09	— 2,2	+ 2,4	80	5,6	....	NE. 1	0,82
23	564,59	— 1,97	562,04	566,80	— 1,99	— 4,62	— 3,0	— 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,66
24	567,50	+ 1,02	567,11	568,10	+ 0,02	— 2,48	— 2,6	+ 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,34
25	568,19	+ 1,79	567,54	568,86	+ 2,88	+ 0,52	+ 1,3	+ 5,1	.....	.....	....	NE. 1	0,06
26	568,94	+ 2,63	568,13	569,47	+ 2,57	+ 0,35	+ 0,9	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,02
27	568,96	+ 2,74	568,55	570,01	+ 1,36	— 0,72	— 0,5	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,18
28	567,43	+ 1,30	567,29	567,70	— 0,23	— 2,17	— 1,2	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 2	0,80
29	566,04	0,00	565,94	566,44	— 1,43	— 3,23	— 2,8	+ 0,6	.....	.....	....	NE. 1	0,51
30	564,88	— 1,07	564,42	565,52	— 0,18	— 1,84	— 1,6	+ 2,2	.....	.....	....	variable	0,36

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,19	563,26	563 21	563,21	563,23	563,34	563,49	563,62	563,68
2e »	568,23	568,28	568,55	568,66	568,61	568,66	568 79	568,98	569,11
3e »	565,58	565,75	566,07	566,08	565,82	565,78	565,88	565,90	565,90
Mois	565,67	565,76	565,94	565,98	565,89	565,92	566,05	566,17	566,23
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,16	+ 1,80	+ 2,50	+ 2,98	+ 3,03	+ 2,58	+ 2,04	+ 1,73	+ 1,27
2e »	+ 3,39	+ 4,01	+ 5,96	+ 7,14	+ 7,55	+ 6,49	+ 5,65	+ 4,57	+ 4,07
3e »	— 0,09	+ 0,61	+ 1,38	+ 2,53	+ 2,78	+ 1,88	+ 0,89	+ 0,33	— 0,05
Mois	+ 1,49	+ 2,14	+ 3,28	+ 4,22	+ 4,45	+ 3,65	+ 2,86	+ 2,21	+ 1,76

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 0,33	+ 3,81	0,78	66,9	340
2e »	+ 2,54	+ 7,55	0,44	14,8	110
3e »	— 0,70	+ 3,00	0,47	70,7	80
Mois	+ 1,19	+ 4,79	0,57	152,4	530

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,39 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 68,2 sur 100.

CONGÉLATION D'UN LAC SALÉ

PAR

M. le Dr A. WOEIKOF

A 65 kilomètres au SSO de la ville d'Orenbourg, Russie, se trouvent les célèbres carrières de sel gemme d'Ilezk. Dans des dépressions dues principalement à d'anciens travaux se trouvent des lacs salés généralement très concentrés. Celui qui a le niveau le plus constant est le Kupalno-ozero (lac des bains). Il a une surface de 473 mètres carrés, et une profondeur de $1^m,42$. La constance du niveau est due à ce que la rivière Jelchanka coule à un niveau supérieur, et, traversant des bancs de sel gemme, maintient le niveau des eaux du lac. Le lac contient en moyenne environ 16 °/₀ de NaCl, et, de plus, une quantité minime de CO_2, PO_5, SO_4, FeO, Ca et Na. Au fond du lac on trouve une vase riche en SH_2, provenant probablement soit de la désoxydation du $SO_4 Na_2$, soit de la décomposition des matières organiques végétales ou animales.

M. Juri Listow, chef de l'administration des salines, a fait une série d'observations sur la température des eaux de ce lac, et des conditions du gel et du dégel[1]. Je vais en donner le résumé.

J'appelle t la température de l'air.

t_s la température de l'eau à la surface.

t_p la température de l'eau à $1^m,073$ de profondeur.

[1] *Mémoires de la Société géographique de Russie*, t. VIII, p. 239.

Date et heure.	t	t_s	t_p	
1878				
heure				
Déc. 27 4 s.	—21°	—	—	La surface de l'eau se couvre de cristaux de glace formant une masse visqueuse.
» 30 4 s.	— 7.2	— 8°2	—	
» 31 4 s.	— 8.5	— 8.2	—	
1879				
Janv. 1 4 s.	— 6.3	— 7.8	—	La glace commence à fondre.
» 2 8 m.	— 7.8	— 7.7	— 7°7	La glace n'occupe que $^1/_3$ de la surface du lac.
» 3 8 m.	— 2.0	— 7.2	— 7.4	La glace a disparu.
» » 4 s.	+ 0.2	— 4.4	— 6.2	
» 4 8 m.	— 1.4	— 3.0	— 5.0	
» 5 8 m.	— 6.2	— 2.4	— 4.2	
» » 4 s.	— 8.8	— 2.5	— 4.2	
» 6 8 m.	— 5.2	— 3.2	— 4.8	
» » 4 s.	— 7.2	— 4.4	— 4.6	Vent du SE fort, vagues sur le lac.
» 7 4 s.	— 5.8	— 5.1	— 4.6	Id.
» 8 8 m.	— 6.3	— 3.4	— 3.8	
» » 4 s.	—14.1	— 4.4	— 4.0	Ciel clair, calme, surface du lac unie.
» 9 8 m.	—22.0	— 9.8	— 5.6	Le lac est couvert d'une glace visqueuse de 12 mm. d'épaisseur.
» 10 8 m.	—12.6	— 9.6	— 7.2	Moins de glace. $^1/_3$ de la surface libre de glace.
» 11 8 m.	—17.8	—10.4	— 8.0	Fort vent du NNO, ciel clair, le lac est gelé, épaisseur moyenne de la glace 38 mm., le lac ayant gelé par un vent très fort, la masse se trouvait en mouvement pendant la congélation, et les cristaux de glace sont orientés du NO au SE.
» 12 8 m.	—25.7	—10.6	— 8.0	Glace épaisse de 57 mm., elle porte le poids d'un homme.
» 13 8 m.	—15.2	—10.8	— 8.2	La glace est plus molle.
» 16 8 m.	—17.4	—10.6	— 9.0	L'abaissement de la température du fond de l'eau peut être attribué à trois ouvertures faites à la glace le 15 janvier.
» 17 8 m.	—27.4	—10.6	—10.0	Les trois trous ne sont pas gelés, épaisseur de la glace 76 mm.
» 18 8 m.	—27.4	—11.3	—11.3	Les ouvertures sont gelées.
» 19 8 m.	—22.7	—11.4	—11.3	Épaisseur de la glace 116 mm.
» 20 8 m.	—27.0	—11.8	—11.8	
» 22 8 m.	—15.4	—12.2	—12.2	Épaisseur de la glace 153 mm.
» 23 8 m.	—23.8	—12.2	—12.1	
» 24 8 m.	—25.6	—12.4	—12.4	Température de la glace à 77 mm. de la surface —16°,6. On enlève un cube de glace de 153 mm. de côté ; après que l'eau d'imbibition s'est écoulée la glace contient encore 32 $^0/_{00}$ de NaCl.
» 27 8 m.	—27.2	—12.2	—12.2	Tempér. de la glace à 77 mm. de la surface —17°,6.
» 30 8 m.	—28.2	—13.0	—12.8	Épaisseur de la glace 191 mm., température à 77 mm. —16°,4.

Dans le second tiers de février la température s'éleva peu à peu, et depuis le 19 février elle fut très constante, variant de 0° à —10°.

Le 5 mars, à 2 heures du soir, on fit encore les observations suivantes :

t +3°,0 t_s —6°,4 t_p —5°,4.

Température de l'eau au fond du lac —4°,4.

Épaisseur de la glace 127^{mm}.

La rivière Malaja Jelchauka était gelée jusqu'au fond. Sur la rivière Bolchaïa Jelchauka la glace avait une épaisseur de 762^{mm}. Un échantillon d'eau, pris à la surface du lac le 2 janvier, donna 15 % de NaCl; un autre pris le même jour à une profondeur de 0^{m},75, contenait 16 % de NaCl. Deux échantillons d'eau, pris le 24 janvier, l'un à la surface, l'autre à 0^{m},73, contenaient l'un et l'autre 17 % de NaCl, et avaient une pesanteur spécifique de 1,130 à +17°,5 C.

L'intéressant journal d'observations de M. Listow s'arrête au 5 mars, et il n'avait pas fait d'observations avant le 27 décembre. Malgré ces lacunes regrettables, il a une grande importance. On n'avait jamais constaté jusque-là, hors des expériences de laboratoire, des températures d'eau ou de solution saline au-dessous de —4, et ici nous en avons de —13.

Mais il est surtout intéressant de voir comment les températures se disposent à la surface et à la profondeur de 1^{m},073. Si l'on n'avait pas à faire aux phénomènes de *surrefroidissement* [1] de la surface, ainsi qu'à la diffusion du sel dans les couches inférieures pendant la formation de la glace, nous aurions peut-être eu, dans ce lac si peu

[1] S'il est permis de se servir de cette expression, analogue aux expressions de « surfusion » et de « sursaturation. »

profond, et exposé au contact d'un air si froid pendant l'hiver, un gel instantané du lac dans toute sa masse.

Il y a aussi d'autres questions intéressantes qui se relient à ces faits. Les expériences faites sur le refroidissement, le gel et la densité maximum de l'eau de mer et de solutions de NaCl de 0,5 °/₀ à 4 °/₀ ont montré qu'il n'y avait pas, dans ces cas, de diffusion des sels tenus en solution avant le gel, c'est-à-dire que la solution saline avait la même composition, même quand sa température tombait au-dessous de 0°. Les expériences de M. Zöppritz me paraissent surtout décisives sous ce rapport, car il appliquait la glace et les mélanges refrigérants en haut, c'est-à-dire dans des conditions aussi semblables que possible à ce qui a lieu sur les mers.

Les observations de M. Listow, portant sur une solution saline beaucoup plus concentrée, paraissent montrer qu'il y aurait une diffusion des sels vers les couches inférieures, même avant que la solution fût gelée. Ainsi l'on pourrait expliquer pourquoi, dans ce lac si peu profond, quand commencent les grands froids, l'eau, ou plutôt la solution saline la plus froide reste en haut, tandis que plus près du fond elle est de 1° à 4° plus chaude. Vu la teneur plus grande de NaCl, cette eau a cependant une pesanteur spécifique plus grande.

Je me suis souvent demandé comment se formait la glace sur la surface des océans, où la température du maximum de densité est au-dessous de celle de la formation de la glace. La question y est très compliquée par les vents, les courants, et la différence de salure des eaux marines (dans l'hémisphère nord du moins, la surface doit être beaucoup moins salée, à la fin de l'été, que les cou-

ches plus profondes, à cause de l'immense apport d'eau douce dû à la fonte des neiges et des glaces).

C'est pourquoi, voulant me procurer des renseignements dans des conditions plus simples, j'ai prié M. Listow de faire des observations sur le lac salé d'Ilezk. Il paraîtrait donc que, dans ce cas, la teneur en NaCl est trop grande pour que les conditions puissent se comparer à celles que l'on trouve sur les océans. Il s'agirait alors de trouver un lac salé peu étendu, pour que la composition de l'eau fût partout la même, et que les vents ne puissent soulever de grandes vagues, et qui eût une teneur de NaCl de 2 $^1/_2$ $^0/_0$ à 4 $^0/_0$. Il y aurait aussi peut-être des expériences à faire avec de grands réservoirs remplis de solutions salines et placés à l'air libre, dans des climats à hivers froids. Nous verrions dans ce cas l'effet du rayonnement vers les espaces célestes, condition importante et que l'on ne peut pas imiter dans des expériences de laboratoire. A côté des pays du nord de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique, certaines hautes vallées des Alpes, l'Engadine ou Davos, par exemple, seraient bien situées pour ces expériences, grâce aux températures basses de leur hiver et à leur ciel clair.

SUR L'ENREGISTREMENT
DES
BATTEMENTS DE SECONDES D'UNE PENDULE
AU MOYEN DU MICROPHONE

PAR

M. W. MEYER

Astronome-adjoint à l'Observatoire de Genève.

(Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 3 novembre 1881.)

Il y a maintenant près d'une année que j'ai fait une communication à la Société de physique sur un nouvel emploi du microphone pour transmettre le son des battements d'une pendule dans les différentes salles d'un observatoire[1], dans lesquelles un téléphone fait retentir ces battements comme si la pendule elle-même se trouvait près de l'observateur. Aujourd'hui, j'ai l'intention de compléter d'abord cette communication par quelques expériences faites ultérieurement sur le même sujet, mais surtout de parler d'une autre application du microphone, qui pourra, je l'espère, être plus utile encore pour les travaux pratiques de l'observatoire.

Je commencerai par faire quelques remarques sur l'installation tout à fait provisoire que j'avais décrite dans ma première note relative à ce sujet. Le microphone se trou-

[1] *Archives*, 1881, t. V, p. 25.

vait alors dans une petite boîte, en bois de sapin, qu'on avait simplement clouée extérieurement sur la cage de la pendule. Il en résultait plusieurs inconvénients : En premier lieu, tous les bruits un peu forts qui se faisaient entendre dans la salle, ou l'ébranlement du sol produit par un char passant sur la route voisine, se transformaient dans le téléphone en roulements qui entravaient beaucoup les observations. De plus, un bruit fort a souvent pour effet de changer complètement la position de la baguette de charbon entre les deux trous coniques du microphone, de sorte que l'interruption du courant au moment du battement n'est plus assez complète pour reproduire dans le téléphone toute l'intensité du son à laquelle on peut arriver. Enfin, le microphone n'est pas assez garanti de la poussière qui, se mettant entre les deux contacts de la baguette, donne lieu à des irrégularités dans le fonctionnement de l'appareil.

Ces inconvénients disparaissent quand on place le microphone à l'intérieur de la cage, par exemple à une des consoles fixées au pilier, sur lesquelles le mouvement de la pendule est posé. Je me sers pour cela d'une petite pince à vis, en laiton, qui porte une petite plaque en bois d'acajou, assez mince et longue de 4 à 5 centimètres. Cette plaque est tournée en bas et porte les deux morceaux de charbon entre lesquels la baguette oscille. Un des fils conducteurs du microphone réunit celui-ci avec une batterie de quatre éléments Meidinger, de dimensions ordinaires; l'autre établit la communication avec le téléphone, enfin ce dernier est relié à l'autre pôle de la pile.

La bonne réussite de l'expérience dépend de la position et des dimensions du microphone ; mais on ne peut pas indiquer une méthode générale pour trouver celles-ci dans

chaque cas spécial. On est obligé de faire des tâtonnements quelquefois assez longs qui doivent finalement conduire au résultat désiré. Ceci a lieu quand le téléphone fait entendre dans toute la salle les battements de la pendule plus fortement qu'on ne les entendrait sans intermédiaire du téléphone, même en plaçant l'oreille près de la cage.

Voici la marche que j'ai suivie ordinairement pour les tâtonnements :

On déplace d'abord légèrement le microphone en le faisant tourner un peu à droite, ou à gauche autour de la verticale, en cherchant de cette façon la position dans laquelle l'interruption du courant est la plus complète, et la reproduction du son la plus forte. Mais il se peut qu'on ne trouve aucune position dans laquelle le microphone soit assez sensible à l'ébranlement causé par les battements, et cela pour deux raisons : Ou bien il y a contact continuel dans le microphone, par suite souvent de la poussière de charbon qui remplit le fond du trou dans la plaque inférieure de charbon, ou bien la baguette du microphone est trop lourde pour pouvoir être déplacée par l'ébranlement du battement. Une boussole intercalée dans le circuit permet de décider entre les deux alternatives. S'il y a de la poussière entre les points de contact, la force du courant variera irrégulièrement, tantôt on n'aura presque point de courant, tantôt il reprendra tout à coup pour s'affaiblir bientôt après; on remédie facilement à cet inconvénient en soufflant un peu fortement dans les trous du microphone. Le second cas se manifeste si l'aiguille de la boussole accuse en permanence un courant relativement fort pour un circuit microphonique; il faut alors changer le microphone et recommencer les essais avec un appareil plus petit.

Il arrive aussi qu'on obtient un son assez fort, mais qui n'est point net et sec, comme les battements de la pendule. Quelquefois même, on entend une espèce de bruissement continuel qui augmente pendant le battement de la seconde. Le défaut est toujours dû au contact de la baguette : un petit coup de doigt appliqué au microphone le corrige souvent, d'autres fois, on est obligé de changer le microphone. L'expérience acquise à notre Observatoire depuis bientôt un an et demi a confirmé le fait qu'on peut toujours faire travailler le micro-téléphone de telle sorte que les comparaisons de pendules se fassent avec cette installation tout aussi exactement qu'on les ferait directement, dans les conditions les plus favorables ; mais puisqu'on peut rapprocher au moyen du téléphone le son de deux pendules placées dans différentes localités, et comparer la pendule normale directement avec toutes les autres pendules d'un observatoire, l'emploi du téléphone constitue un avantage considérable sur l'opération ordinaire.

Depuis plus d'un an, les comparaisons journalières des pendules à l'Observatoire de Genève se font exclusivement au moyen du micro-téléphone. Au commencement de cette année, on a observé pendant plusieurs mois, tous les jours, un chronomètre de marine des deux manières ; c'est-à-dire qu'on observait d'abord une coïncidence entre les battements de ce chronomètre, qui est réglé sur le temps sidéral, avec une pendule à temps moyen, et cette opération se faisait sans employer le téléphone. Ensuite, ce même chronomètre était comparé avec la pendule normale au moyen du téléphone ; comme cette dernière est réglée sur le même temps que le chronomètre, la comparaison ne pouvait s'effectuer qu'au

dixième de seconde près. Dans le but de constater une différence constante qui pourrait exister entre les deux modes d'observation, j'ai pris la moyenne des différences observées pendant les deux premiers mois de cette année, au nombre de 59 observations, entre la comparaison donnée par la coïncidence directe et celle obtenue au moyen du téléphone. Cette différence moyenne est égale à $+ 0^s,0012$, avec une erreur moyenne de $\pm 0^s,0077$; ce qui prouve que ces 59 observations ne signalent pas de différence constante entre les deux modes d'observation, qui puisse atteindre ou dépasser un centième de seconde. L'erreur moyenne d'une seule observation se trouve égale à $\pm 0^s,059$, elle est, comme on le voit, comprise dans les limites de l'exactitude qu'on peut exiger d'une comparaison à l'ouïe entre deux horloges réglées sur le même temps; ce chiffre montre donc que l'emploi du téléphone n'a pas pu augmenter l'inexactitude de la comparaison.

Un autre emploi avantageux d'une pareille installation microphonique est le téléphone à coïncidence, qui reproduit à la fois les battements de deux pendules différentes. Chacun des deux courants venant des deux microphones vissés aux horloges à comparer, traverse d'abord un rhéostat, mais les courants se réunissent avant d'entrer dans la bobine du téléphone et ils se séparent après, pour rejoindre les pôles respectifs de leurs piles. A chaque battement d'une des deux horloges, un des courants est affaibli pour un moment, ce qui produit un son dans le téléphone, et on peut au moyen des rhéostats régler les courants de telle façon que les battements des deux pendules, quelque différent que soit leur son, se reproduisent dans le téléphone avec une force et une nuance de son,

absolument les mêmes pour les deux battements; la coïncidence entre les deux battements peut être appréciée ainsi avec plus de facilité, en éliminant toute possibilité d'une différence constante qui, dans la méthode ordinaire, peut parfaitement avoir lieu pour la comparaison de deux pendules, dont les battements sont très différents quant à la nuance et la force du son.

La diminution très considérable de la force du courant, au moment où le battement de la seconde se fait entendre, m'a toujours fait penser qu'on pourrait l'employer pour accomplir un travail plus important que celui de mettre en vibration la plaque du téléphone. J'eus d'abord l'idée de prolonger cette plaque, et de lui donner une disposition telle qu'elle fermât un second courant électrique au moment où l'aimant du téléphone la lâche, par suite de l'affaiblissement du courant microphonique pendant le battement de la seconde; ce nouveau courant pouvait alors être utilisé pour enregistrer les secondes de la pendule, ou bien pour mettre en mouvement l'aiguille d'un, ou de plusieurs cadrans électriques.

Lorsque je communiquai cette idée à M. de Oppolzer, l'astronome de Vienne, qui se trouvait dans notre ville au printemps dernier à l'occasion de la détermination de la différence de longitude, qu'il avait entreprise conjointement avec M. le professeur Plantamour, M. de Oppolzer me recommanda d'essayer l'expérience avec un relais de télégraphe, dont l'ajustement pourrait peut-être se faire assez exactement pour faire jouer l'ancre du relais, comme nous l'entendions. En effet, dans la soirée de ce même jour, et en nous servant du premier relais venu, nous avions la satisfaction d'entendre les battements de l'ancre du relais, qui coïncidaient avec les secondes de la pendule

Arnold; donc le microphone placé dans celle-ci était assez fortement influencé par les battements des secondes pour produire l'effet voulu sur le relais. Bien que, dans cette première expérience, le travail du microphone ne fût pas encore bien régulier, il faisait espérer une meilleure réussite avec une combinaison plus favorable. Le lendemain, j'établis les communications nécessaires pour conduire le courant microphonique dans le relais qui servait, alors pour les travaux de la longitude. Celui-ci fermait par le contact de son armature le courant employé pour faire travailler la plume, qui enregistre sur le chronographe les signaux d'observations, à côté des signaux de secondes que produisait un chronomètre de marine à enregistrement électrique. Après un réglage de la force du courant, et de la tension du ressort du relais, j'eus le plaisir de voir se reproduire sur la bande du chronographe les signaux de secondes que la pendule Arnold enregistrait alors automatiquement au moyen du microphone. Comme la seconde plume du chronographe notait en même temps les secondes du chronomètre électrique, j'avais un moyen de déterminer l'exactitude avec laquelle les signaux microphoniques arrivaient sur le chronographe. J'ai été alors réellement étonné de trouver cette exactitude parfaite, autant du moins que la lecture de la bande chronographique permet de le constater, c'est-à-dire avec une erreur moyenne dans la comparaison d'un signal de seconde ne dépassant pas un centième de seconde; il faut encore remarquer que cette incertitude d'un centième est composée de trois erreurs différentes, l'erreur de lecture de la bande, l'erreur des signaux du chronomètre électrique, et enfin l'erreur de l'enregistrement au moyen du microphone.

Quelques jours après, j'essayai une expérience plus compliquée du même genre, et que je dois signaler ici. Les travaux de la longitude étaient interrompus pour quelque temps à cause du voyage de M. de Oppolzer, qui devait rejoindre M. Plantamour à Vienne, pour y déterminer la valeur de l'équation personnelle. J'avais donc à ma disposition le fil télégraphique qui réunissait alors les appareils électriques à notre observatoire avec ceux de l'observatoire de Vienne, et cela sans l'intermédiaire d'une station de relais sur tout le trajet. Je fis alors la disposition suivante : Je conduisais d'abord le courant microphonique venant de la pendule Arnold dans le relais que j'avais employé pour la première expérience de ce genre, puis je faisais traverser par ce même courant le relais, qui servait pour les travaux de la longitude. De cette façon, les armatures des deux relais étaient lâchées simultanément au moment du battement de la seconde de la pendule Arnold; je dirigeais ensuite le courant de la grande pile de ligne par l'armature du premier relais, et un courant local par l'armature du second. Ainsi, au moment où les ancres des relais étaient lâchées, un fort courant électrique passait par la ligne jusque dans un relais semblable, placé à Vienne, qui fermait au moment de l'arrivée un courant local à cette station pour faire travailler la plume du chronographe à Vienne, mais au même instant le second relais à Genève fermait aussi notre courant local pour enregistrer la même seconde sur notre chronographe. Ainsi, notre pendule ordinaire d'Arnold était réellement transformée en pendule électrique, et notait automatiquement par le seul moyen du son les secondes sur les chronographes de deux stations très éloignées; l'on supprimait de cette façon le mouvement auxiliaire, qui établit les contacts dans

les horloges électriques en usage jusqu'à présent, et qui peut faire varier la marche de la pendule pendant l'enregistrement.

MM. Plantamour et de Oppolzer ayant constaté à Vienne le degré d'exactitude que donnait cette nouvelle combinaison d'appareils, décidèrent alors d'adopter ce mode d'enregistrement pour faire les comparaisons d'Arnold avec le chronomètre électrique pendant la seconde moitié de la détermination de la longitude, celle-ci devant commencer après le retour de M. Plantamour à Genève. De pareilles comparaisons étaient toujours nécessaires pour contrôler la marche du chronomètre électrique, la seule horloge à enregistrement dont on disposât à l'Observatoire de Genève, et dont la marche n'a pas été en dernier lieu aussi régulière qu'autrefois. Ces comparaisons, dont on faisait un assez grand nombre chaque soir, étaient données par une série de signaux sur un *Taster* correspondant aux battements de la pendule Arnold. Plus tard, ces comparaisons ont été faites automatiquement; le courant du microphone dans la pendule Arnold fut envoyé pendant un certain nombre de secondes dans le relais des signaux d'observation, et il aurait suffi de 4 à 5 signaux pour s'assurer du centième de seconde dans la comparaison des deux horloges, comparaison dans laquelle il n'entre plus de variation de l'équation personnelle.

Les battements de notre pendule d'Arnold sont passablement forts, ce qui faisait supposer que ce serait une condition essentielle de la bonne réussite des expériences décrites plus haut. Mais je l'ai répétée avec non moins de succès en me servant de deux autres pendules, quoique leurs battements fussent au contraire très faibles. L'une d'elles est notre pendule de Kutter, réglée sur le temps

moyen, et qui marche avec un très petit poids; l'autre est une pendule placée dans la grande salle de l'instrument de passages au nouvel observatoire de Strasbourg, où j'ai répété l'expérience lors du Congrès des astronomes, qui s'était réuni dans cette ville à la fin du mois de septembre passé. Les deux pendules agissaient assez fortement sur un microphone, choisi de dimensions plus petites que celui de la pendule Arnold, pour enregistrer les secondes sur le chronographe.

Il n'était pas bien difficile de voir que le relais et le second courant, qu'il ferme pour faire mouvoir la plume du chronographe, devaient pouvoir être éliminés de la combinaison décrite, parce que l'armature du relais fait absolument le même mouvement que l'ancre de la bobine du chronographe, auquel est fixée la plume des signaux de secondes. En effet, en faisant passer le courant microphonique directement par une des bobines du chronographe, la plume inscrit parfaitement bien les secondes sur la bande, lorsque le ressort qui retire l'armature est bien réglé. Cette combinaison est sans doute la plus simple possible pour obtenir l'effet voulu. Une pendule ordinaire est transformée en pendule à enregistrement électrique en vissant simplement un microphone de la construction la plus primitive à une pièce fixe dans le voisinage du mouvement, et en le mettant directement en communication, d'un côté avec le chronographe, et de l'autre avec une pile de quatre ou cinq éléments Meidinger. De cette façon, on travaille avec des moments d'interruption, l'ancre du chronographe restant attirée pendant les intervalles entre les battements de secondes, et n'étant lâchée que pour un instant, lorsque la seconde se fait entendre. Le seul point du circuit, où l'interruption du courant ait

lieu, est le contact de deux morceaux de charbon, il ne peut donc pas être attaqué sous l'influence d'une oxydation. L'enregistrement, par cette combinaison, se fait aussi régulièrement, et peut-être même mieux, qu'avec l'emploi du relais. Mais il y a ici un inconvénient à considérer qui, il est vrai, existe aussi quand on travaille avec deux circuits au moyen du relais, mais qui, dans ce dernier cas, n'a pas de conséquences fâcheuses pour les observations chronographiques. Le courant microphonique n'est pas toujours constant; la résistance dans le microphone aux deux points de contact varie de temps à autre irrégulièrement, et l'enregistrement peut même cesser complètement, parce que la force du ressort destiné à détacher l'ancre de l'électro-aimant doit être dans un certain rapport invariable avec la force du courant. Quand ce dernier devient trop faible, l'armature n'est plus attirée, et quand il est au contraire trop fort, la différence de résistance, au moment du battement, ne suffit pas, et le ressort est trop faible pour vaincre la force magnétique qui reste encore dans la bobine en ce moment. De tels dérangements ne sont heureusement pas fréquents, et l'on peut quelquefois y remédier très promptement en réglant de nouveau la force du ressort. Mais comme il peut toujours arriver qu'on soit forcé de faire ce réglage pendant une série d'observations, ou au moins entre des séries suivies d'observations du même genre, il n'est pas prudent de changer la moindre chose aux différentes parties du chronographe même, pour ne pas changer la parallaxe des plumes, etc., ce qu'on serait obligé de faire quand le courant microphonique arrive directement dans la bobine du chronographe. Si ce dernier travaille toujours avec le courant fermé par le relais, il n'y a plus rien à craindre à cet égard, surtout pas de variations dans la longueur de

de l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'arrivée du courant dans la bobine et l'attraction de l'armature; car celle-ci ne peut varier que par suite de variations dans la force du courant, mais au moment où une variation se fait ressentir, l'appareil cesse de travailler et s'empêche de cette façon lui-même de commettre des erreurs de cette nature.

Quand on a la chance de trouver pour l'usage en question un microphone bien fait, on peut le faire travailler quelquefois plus d'un mois sans avoir à changer le réglage ni du microphone, ni du relais, ni du rhéostat. Ainsi, je me sers maintenant depuis le commencement d'octobre du microphone dans la pendule Arnold, placée dans la grande salle de l'Observatoire, près de la lunette méridienne, pour enregistrer les secondes sur le chronographe dans la tour du grand équatorial. Il n'est pas sans intérêt d'ajouter ici que j'observais quelquefois de cette façon des différences d'ascension droite pendant qu'on faisait des bruits assez forts dans la salle méridienne, en retournant la lunette, en faisant l'observation du nadir, etc. Mais il était très rare que de faux signaux fussent produits par ces bruits, et ceux-ci étaient toujours très faciles à reconnaître sur la bande, de sorte que jamais, depuis le commencement d'octobre, une observation n'a été manquée par suite d'un dérangement quelconque dans le fonctionnement des appareils décrits.

Les causes de ces dérangements doivent être cherchés, comme je l'ai déjà dit plus haut, dans les points de contact entre les trois morceaux de charbon, et dans la position de la baguette du microphone qui doit presque osciller en équilibre labile sur sa pointe inférieure. On comprend facilement que la moindre chose puisse déranger

cet équilibre, de sorte que le contact reste trop intime pour que le changement de résistance, au moment du battement, puisse encore produire l'effet voulu. Il est donc assez fâcheux qu'on ne puisse pas indiquer une méthode exacte pour rétablir l'ancien état des choses. Tantôt un petit coup appliqué avec le doigt contre le microphone suffit pour le faire marcher de nouveau, tantôt on est forcé de le déplacer lentement dans le sens vertical jusqu'à ce qu'on retrouve la bonne position, et ces tâtonnements prennent souvent beaucoup de temps.

Il serait donc très important de pouvoir mieux s'assurer de l'ajustement du microphone. J'ai essayé dans ce but un certain nombre d'appareils qui ne donnaient pas de résultat satisfaisant. Il faut d'abord remarquer ici que la plupart des microphones de construction plus récente, et qui sont généralement beaucoup plus sensibles que ceux que nous avons employés à l'Observatoire jusqu'à présent, sont surtout faits pour rendre les faibles nuances du son de la voix humaine, et par conséquent ne sont pas les meilleurs pour l'usage en question. Il ne s'agit ici que de reproduire un son d'une force déterminée, et si l'on pouvait arriver à ce que toutes les autres nuances ne se reproduisent pas du tout, on aurait complètement atteint le but en vue. Les microphones plus sensibles donnent trop souvent lieu à des dérangements causés par les bruits dans le voisinage de la pendule et les interruptions du courant ne sont pas toujours aussi complètes que dans les microphones les plus simples.

Il y a quelques jours seulement que la *Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique*, à Plainpalais près Genève, a construit un nouveau modèle qui promet beaucoup à cet égard, et qui a déjà donné d'excellents résultats. L'appareil est presque aussi simple

que l'ancien ; il consiste en une petite plaque de charbon suspendue à deux lamelles de métal, très minces et parfaitement flexibles. Sur cette plaque de charbon vient appuyer très légèrement une pointe également en charbon, qui peut être approchée ou éloignée de la plaque au moyen d'une vis, et à laquelle aboutit la communication avec l'un des pôles de la pile ; l'autre pôle communique avec la plaque en passant par une des suspensions en métal.

Le degré de sensibilité de ce microphone dépend exclusivement de la force avec laquelle la pointe appuie sur la plaque, et qu'on peut facilement régler à son gré au moyen de la vis par laquelle on fait avancer ou retirer la pointe. Le microphone devient pour ainsi dire plus sourd, si la pointe appuie plus fortement, et l'appareil n'est alors influencé que par des bruits dépassant une certaine intensité, de sorte qu'on peut régler tout microphone de cette espèce pour chaque pendule. Il n'y a plus de motif pour que la position de la plaque par rapport à la pointe se dérange quand elles sont toutes deux fixées à la même pièce de l'horloge ou au pilier, parce qu'un mouvement de la plaque n'est plus possible que dans un sens et elle se trouve en état d'équilibre stable. On n'a plus qu'un seul contact au lieu des deux existant dans l'ancien microphone de chaque côté de la baguette, et ce contact ne se fait plus dans un trou qui devient nécessairement un réservoir de poussière, mais contre une plaque verticale. Il paraît ainsi que tous les inconvénients signalés pourront être vaincus par ce nouveau système, mais une expérience de quelques semaines doit encore en donner la preuve réelle. Ce que je peux déjà en dire maintenant est que l'ajustement de ce nouveau microphone se fait très vite et à coup sûr, de sorte que tous ces tâtonnements qu'on était obligé

de faire auparavant pour trouver la bonne position de la baguette en charbon sont évités. Du moins pendant ces quelques jours, où l'on a fait usage de ce nouveau modèle, la force du courant passant par le microphone n'a pas varié d'une manière sensible, ce qui est aussi à noter comme un progrès considérable sur l'ancien système. C'est avec ce nouveau microphone que j'ai fait devant la Société de physique, à Genève l'expérience de la transmission du son des battements de la pendule Arnold à l'Observatoire, jusque dans la salle des conférences de la Société à l'Athénée. Je me servais, dans ce but, d'une partie du réseau téléphonique qu'on commence maintenant à établir dans notre ville. L'action du microphone à l'Observatoire sur le téléphone à l'Athénée était assez forte pour que celui-ci fît retentir très fortement les battements, et on les entendait même encore d'une manière assez distincte, quoique faible, jusqu'au fond de la salle, lorsqu'on intercalait dans le circuit une résistance correspondant à 600 kilomètres d'une ligne télégraphique.

Je saisis cette occasion de remercier la *Société pour la construction d'instruments de physique*, mais surtout M. Schmidtgen, chef d'atelier, pour ses excellents conseils, et pour le temps considérable qu'il a consacré à chercher les détails de construction les plus favorables à la bonne réussite des expériences que j'ai décrites.

On ne peut nier que le succès de ces expériences ne dépende de détails. L'idée d'employer le microphone pour l'enregistrement électrique de l'heure est venue à plusieurs personnes avant la première expérience faite à Genève; mais la réussite a toujours été entravée parce qu'on employait des appareils trop imparfaits pour les résultats qu'on en attendait.

CALCULS
ÉLECTROLYTIQUES

PAR

M. Louis LOSSIER.

Lorsqu'un électrolyte est décomposé par un courant électrique, la dépense de travail qui en résulte s'exprime, d'après la démonstration de Thomson, par la formule $J\theta ai$.

J étant l'équivalent mécanique de la chaleur,

θ la quantité de calories dégagées par la dissolution d'un gramme du métal déposé,

a l'équivalent électrochimique de ce même métal, c'est-à-dire l'équivalent chimique divisé par 9600 (nombre d'unités C. G. S. de courant nécessaires pour décomposer un équivalent chimique),

i l'intensité du courant.

Or, il est évident que si $J\theta ai$ représente la dépense totale d'énergie dans l'électrolyse, on est amené à cette conséquence que dans le cas où l'opération s'effectue entre deux électrodes du métal même qui sert de base à l'électrolyte, l'anode se dissout et la dépense d'énergie devient nulle. On aurait donc ainsi un travail mécanique bien réel, le transport de molécules métalliques du pôle positif au négatif, sans dépense d'énergie.

Ce raisonnement, bien qu'il ait été admis par plusieurs

auteurs, n'est cependant pas logique et repose sur une erreur qui provient de ce qu'on a négligé un facteur essentiel : l'*induction* produite par le mouvement des molécules polarisées au sein d'un liquide.

L'existence de courants d'induction dirigés en sens inverse du courant principal se prouve facilement par l'expérience suivante : On prépare un certain nombre de couples électrolytiques cuivre-cuivre (chimiquement pur) dans des auges contenant une solution de sulfate de cuivre, de manière que tous les couples présentent sensiblement la même résistance. Ensuite on fait passer le courant d'un élément Daniell d'abord à travers un seul couple,

puis par 4 rangés en 2 séries
puis » 9 » » 3 »

et on mesure chaque fois l'intensité du courant.

On remarque, bien que la résistance totale du circuit reste constante, un abaissement de l'intensité parfaitement accentué à mesure qu'on augmente le nombre des couples.

Les cathodes et anodes étant du même métal, il ne peut pas y avoir de différence de polarité entre elles. Il est vrai qu'il doit se manifester une légère polarisation due à la différence de densité des couches liquides en contact avec l'anode et la cathode, mais cette polarisation n'est que très faible et ne suffirait pas pour expliquer la diminution rapide d'intensité observée dans l'expérience précédente. Cette diminution d'intensité provient donc évidemment de courants inverses qui prennent naissance dans l'électrolyte même.

Du reste, il est parfaitement reconnu qu'un courant ne

peut pas produire d'effets mécaniques sans qu'il y ait nécessairement formation de courants d'induction. Or, dans l'électrolyse il y a un travail mécanique effectué, dont le résultat est le transport d'un certain poids de métal de l'anode à la cathode. Ce travail doit donc faire naître une force électromotrice inverse qui se traduira par une diminution de l'intensité du courant principal, comme on le remarque dans l'expérience très simple indiquée ci-dessus.

Soit un système électrolytique composé d'une source électrique, de force électromotrice E et de résistance R, et d'une série de n couples métalliques disposés en cascade et présentant chacun une résistance ρ. Nous aurons pour expression de l'intensité du courant

$$I = \frac{E - n(e + \varepsilon)}{R + n\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ou $e =$ force électromotrice de polarisation
$\varepsilon =$ » » » d'induction.

Examinons maintenant ce qu'est ce facteur ε.

Le courant d'induction (ou de réaction) dont l'intensité

$$i = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

est produit par le mouvement des molécules polarisées se transportant d'un pôle à l'autre, et le travail mécanique correspondant sera

$$T_m = i\varepsilon$$

D'autre part, le travail chimique accompli dans chaque couple est

$$T_c = I$$

Mais puisque T_m et T_c correspondent au même mouvement des molécules métalliques ils sont égaux et nous aurons

$$i\varepsilon = I$$
$$\varepsilon^2 = I\rho \text{ ....} (2)$$
$$\varepsilon = \sqrt{I\rho}$$

Remplaçons dans cette équation (2) I par sa valeur tirée de (1) nous aurons

$$\varepsilon^2 = \rho \frac{E - ne - n\varepsilon}{R + n\rho}$$

d'où nous déduisons la valeur de ε

$$\varepsilon = \frac{-n\rho + \sqrt{n^2\rho^2 + 4\rho(E - ne)(R + n\rho)}}{2(R + n\rho)} \text{ .....} (3)$$

Nous aurons plus tard à examiner les conséquences de ces formules dans la détermination des résistances et l'étude de la polarisation. Pour le moment nous nous contenterons de les suivre dans le domaine de la pratique, c'est-à-dire dans les applications industrielles de l'électrolyse.

Travail mécanique et travail chimique.

Nous avons, dans l'équation (1), admis un facteur e désigné simplement par force électromotrice de polarisation. En réalité, ce facteur e est complexe et se compose de 3 éléments distincts e_1, e_2 et e_3, dont nous devrons bien distinguer les influences.

e_1 est la force électromotrice provenant d'un dégagement de gaz dans l'électrolyte ou plus généralement de toute décomposition qui n'est pas compensée par une dissolution équivalente de l'anode. C'est cette force électromotrice e_1 qui, d'après la formule de Thomson, est représentée par $J\theta a$, et elle se manifestera toutes les fois que l'anode sera peu ou pas attaquable.

e_2 est la force électromotrice de contact, c'est-à-dire la différence de potentiel déterminée par la nature hétérogène des plaques métalliques formant les électrodes. Cette hétérogénéité des électrodes peut être le fait ou d'une différence de composition originaire, ou d'une modification des surfaces en action, due à l'électrolyse elle-même. Ainsi, il arrive fréquemment, quand le courant est fort, que la précipitation du métal est accompagnée d'une faible décomposition d'eau. Il se forme alors au pôle négatif un alliage particulier de métal et d'hydrogène qui est positif par rapport au métal de l'anode. Ce phénomène se remarque très bien dans l'électrolyse des sels de zinc et surtout de fer.

e_2 peut également provenir de la formation d'un peroxyde sur l'anode (dans l'électrolyse des sels de plomb ou d'argent par exemple).

e_3 est la conséquence de la différence de concentration entre les couches de contact à l'anode et à la cathode.

Nous voyons donc que tandis que e_1 et e_2 dépendent de circonstances particulières qui peuvent exister à un plus ou moins haut degré et même ne pas exister du tout, e_3 par contre, est une conséquence nécessaire de l'électrolyse et ne pourra pas être entièrement éliminé. Cependant, il pourra, suivant les cas, avoir des valeurs fort différentes les unes des autres et qui dépendront de la rapidité avec laquelle la diffusion s'opèrera dans le liquide.

Ainsi, dans un liquide agité et où aucun diaphragme ne sépare l'anode de la cathode, la diffusion se fera très rapidement; e_3 deviendra très petit et même négligeable. Si, au contraire, le liquide reste immobile et que l'anode soit séparée de la cathode par un diaphragme poreux, e_3 deviendra important et ne pourra plus être négligé. Nous reviendrons plus tard sur la détermination exacte de ce facteur e_3.

Reprenons maintenant notre première équation qui devient en tenant compte des observations ci-dessus

$$I = \frac{E - n(e_1 + e_2 + e_3 + \varepsilon)}{R + n\rho}$$

Ceci nous représente un système électrolytique quelconque dans lequel le courant produit par une source électrique traverse successivement un nombre n d'auges montées en série.

Le travail dépensé par un générateur est, comme nous le savons, exprimé par le produit de la force électromotrice par l'intensité du courant. Cependant nous avons à retrancher ici de la force électromotrice E les quantités e_2 et e_3 qui, ne résultant d'aucun travail électrolytique, n'exigent non plus aucune dépense d'énergie. Le travail correspondant $(e_2 + e_3)$ I doit par conséquent se soustraire de EI et nous aurons comme expression de la distribution du travail

$$[E - n(e_2 + e_3)]I = (R + n\rho)I^2 + ne_1I + n\varepsilon I \quad [1]$$

[1] Je ne puis, pour le moment, donner cette expression du travail dépensé que comme une hypothèse et sous toute réserve, les expériences entreprises pour en vérifier l'exactitude n'ayant donné, faute d'appareils suffisants, que des résultats fort peu précis et même contradictoires. J'aurai l'occasion d'y revenir prochainement.

où $[E - a(e_2 + e_3)]I$ représente le travail total dépensé, $(R + n\rho)I^2$ le travail transformé en chaleur, ne_1I le travail utilisé à la décomposition chimique de l'électrolyte, et $n\varepsilon I$ le travail utilisé au transport des molécules des anodes aux cathodes. Ce dernier aura pour équivalent en travail chimique nI, les deux termes n'étant du reste pas comparables.

Rendement chimique maximum et effet utile.

Les deux expressions *rendement* et *effet utile*, souvent confondues, sont cependant parfaitement distinctes. Le *rendement* indique une quantité de travail (mécanique ou chimique) fournie par un générateur d'électricité, et le *rendement maximum* sera donc le travail le plus considérable que ce générateur est capable de fournir, indépendamment de toute considération de dépense ou d'économie.

L'*effet utile* est, au contraire, le rapport entre le travail dépensé et le travail produit dans un circuit électrique.

Dans l'électrolyse telle que nous l'avons envisagée ici, le rendement deviendra plus grand à mesure que les surfaces d'électrodes seront plus grandes, car alors ρ, et par suite ε, deviendront de plus en plus petits et n de plus en plus grand; mais, dans la pratique, cette étendue des surfaces a une limite qui dépend de la place disponible et de la valeur des matières qui composent les électrodes. Il faudra donc, pour calculer le maximum de rendement, partir d'une surface donnée d'anode (ou de cathode) que nous appellerons S, et chercher en combien de couples montés en cascade cette surface devra être partagée pour obtenir le meilleur rendement.

La surface totale des électrodes croît en raison directe du nombre des couples et en raison inverse de la résistance de chacun d'eux, elle est donc proportionnelle à $\frac{n}{\rho}$

Posons

$$\frac{n}{\rho} = s$$

En désignant par p l'épaisseur en centimètres de la tranche liquide comprise entre anodes et cathodes, par m l'étendue en centimètres carrés de cette tranche liquide pour un couple, et par r la résistance spécifique (en *ohm* par centimètres de section et de longueur) de l'électrolyte, nous aurons

$$\rho = \frac{rp}{m}, \mathrm{S} = nm, \frac{n}{\rho} = \frac{\mathrm{S}}{rp} = s,$$

ce qui nous permettra de calculer la valeur de s pour chaque cas particulier.

L'expression[1] de I devient ainsi dans l'équation (1)

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{E} - n(e + \varepsilon)}{\mathrm{R} + \frac{n^2}{s}}$$ [2]

et dans l'équation (2)

$$\mathrm{I} = \frac{s\varepsilon^2}{n}$$

En égalant ces deux valeurs de I nous avons

[1] Les calculs qui suivent sont dus à M. Gust. Cellérier.

[2] Comme il est inutile de séparer ici les différents facteurs e_1, e_2 et e_3, nous les réunissons sous la seule désignation e.

$$\frac{s\varepsilon^2}{n} = \frac{E - n(e + \varepsilon)}{R + \frac{n^2}{s}}$$

d'où nous tirons

$$n = \frac{E + \sqrt{E^2 - 4Rs\varepsilon^2(\varepsilon^2 + \varepsilon + e)}}{2(\varepsilon^2 + \varepsilon + e)} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{n\left[n^3 + 4(E - ne)(Rs + n^2)\right]} - n^2}{2(Rs + n^2)} \quad \ldots\ldots (5)$$

Pour obtenir le rendement maximum nous avons à chercher les conditions qui rendent maximum nI ou ce qui revient au même ε (puisque $nI = s\varepsilon^2$).

Nous voyons de suite que pour que le radical de l'équation (4) reste réel, le second terme ne peut pas être supérieur au premier, le maximum de ε se trouvera donc en posant

$$E_2 = 4Rs\varepsilon^2(\varepsilon^2 + \varepsilon + e)$$

ou

$$\varepsilon^2(\varepsilon^2 + \varepsilon + e) = \frac{E^2}{4Rs} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Cette équation du 4me degré ne peut se résoudre que par tâtonnements qui n'offrent cependant aucune difficulté.

Une fois ε déterminé, on trouve la valeur de n par l'équation (4) dans laquelle on introduit la condition (6) et qui se réduit alors à

$$n = \frac{2Rs\varepsilon^2}{E} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Quant à l'effet utile $\dfrac{nI}{(E - n(e_2 + e_3)I}$ il croît indéfini-

ment avec n sans que ce dernier puisse toutefois devenir égal à $\frac{E}{e_2 + e_3}$ parce qu'alors I deviendrait nul.

Pour une même valeur d'ε l'équation (4) donne deux valeurs de n, il faut donc pour se rapprocher du maximum d'effet utile, toujours prendre la plus grande, c'est pourquoi nous avons d'emblée affecté le radical du signe $+$.

Il arrive de même souvent, comme nous le verrons dans les exemples numériques, que n, pour diverses raisons, ne peut pas être exactement conforme à l'équation (7); il conviendra alors de le choisir plus grand et jamais plus petit.

Exemples numériques.

Exemple I. Comme premier exemple nous prendrons un cas simple ; la purification du cuivre brut par l'électrolyse.

Ici, en admettant que le cuivre brut ne contienne que peu d'impuretés, on peut considérer les métaux de l'anode et de la cathode comme identiques. En outre, comme il n'y a pas lieu d'interposer un diaphragme entre anodes et cathodes, la diffusion se fait rapidement et ne produira qu'une polarisation insignifiante. Nous pourrons donc, sans que l'erreur soit importante, négliger e.

Nous partirons des données suivantes :

Le courant est fourni par une machine Gramme à galvanoplastie, type d'atelier, tournant à environ 1500 tours par minute, et dont la force électromotrice est 6,3 Volt. et la résistance 0,0088 Ohm (y compris la résistance extérieure des fils).

Le liquide électrolytique est une solution acide de sulfate de cuivre dont la résistance spécifique r est 2,7,

Surface d'anode $s = 25$ mètres carrés,

Écartement des électrodes $p = 10$ centimètres.

d'où nous déduisons par les équations ci-dessus :

$$s = \frac{S}{rp} = 9259$$
$$\varepsilon = 0{,}441$$
$$n = 5{,}00$$
$$n\mathrm{I} = 1805 \text{ Weber}$$
$$\mathrm{I} = 361$$

Pour obtenir le rendement en grammes de cuivre nous aurons à multiplier le nombre total de Weber 1805 par l'équivalent électrochimique du cuivre $\frac{31{,}75}{96000}$ ce qui nous donne : grammes 0,597 par seconde

» 2,149 » heure

L'effet utile $u = \frac{n}{E}$ est 0,79

Ceci est donc le maximum de rendement chimique que peut fournir la machine Gramme dans les conditions fixées. Malheureusement ce maximum n'est pas réalisable dans la pratique parce qu'un courant de 361 Weber est beaucoup trop fort pour le type de machine que nous avons admis. L'échauffement serait énorme et le collecteur et les balais seraient détériorés en fort peu de temps.

Nous aurons donc, pour nous mettre dans des conditions possibles, à augmenter n jusqu'à ce que I se réduise à 180-200 Weber, maximum d'intensité que peut supporter la machine Gramme, type atelier, en marche normale.

Prenons $n = 8$ et calculons ε par l'équation (5) ce qui nous donne

$$\varepsilon = 0,409$$
$$nI = 1546$$
$$I = 193$$
$$u = 1,27$$

L'intensité est réduite de près de moitié et l'effet utile considérablement augmenté sans que le rendement ait baissé à beaucoup près dans la même proportion.

Cherchons encore quelles seront les conditions pour $n = 10$. Nous trouvons

$$\varepsilon = 0,375$$
$$nI = 1302$$
$$I = 130$$
$$u = 1,58$$

Nous avons perdu, il est vrai, sur le rendement maximum environ 28 p $^0/_0$, par contre l'intensité a diminué de près de 64 p $^0/_0$ et l'effet utile a doublé.

Prenons le même exemple en portant la surface d'anodes à 100 mètres carrés.

On obtient $s = 37000$
$$\varepsilon = 0,287$$
$$n = 8,54$$

faisant $n = 9$ nous avons
$$\varepsilon = 0,286$$
$$nI = 3030$$
$$I = 337$$

$n = 12$
$$\varepsilon = 0,276$$
$$nI = 2830$$
$$I = 239$$

$n = 15$
$$\varepsilon = 0,258$$
$$nI = 2479$$
$$I = 165$$

$$n = 20$$
$$\varepsilon = 0{,}224$$
$$n\mathrm{I} = 1850$$
$$\mathrm{I} = 92{,}5$$

Les conditions pratiques les plus favorables se réalisent pour $n = 15$. L'effet utile est 2,38 et le rendement = 2950 grammes de cuivre par heure.

EXEMPLE II. Affinage des alliages d'or, argent et cuivre.

L'électrolyte est une solution de nitrates de soude, cuivre et argent dont la résistance spécifique est 3,3. Cependant comme pour empêcher l'or insoluble de se mélanger avec l'argent et le cuivre précipités, il faut interposer un diaphragme poreux assez serré, la résistance spécifique du liquide s'en trouve considérablement augmentée et on pourra la prendre à 6,6 (le double de la résistance spécifique normale).

La matière employée comme anode étant de grande valeur nous ne pourrons prendre pour S qu'une étendue relativement faible = 8 mètres carrés. La distance des anodes aux cathodes étant 15^{cm} nous aurons

$$s = \frac{80000}{15 \times 6{,}6} = 808$$

Il se forme en outre sur l'anode une couche de peroxyde d'argent, d'autre part il ne se dépose sur les cathodes que du cuivre (l'argent se précipitant au fond des auges) en sorte que nous aurons pour e_2 une valeur importante.

e_3 prendra également une valeur à ne pas négliger parce que les diaphragmes enrayent considérablement la diffusion.

La valeur *moyenne* de $e_2 + e_3$ déterminée expérimentalement est $= 0{,}73$.

Le générateur d'électricité restant le même que dans le 1er exemple nous trouvons pour le maximum de rendement

$$\varepsilon = 0{,}802$$
$$n = 1{,}43$$

Prenant pour n le nombre entier le plus rapproché nous aurons

$$n = 2$$
$$\varepsilon = 0{,}77$$
$$n\text{I} = 479$$
$$\text{I} = 240 \text{ Weber.}$$
$$u = 0{,}41$$

Cette intensité est, il est vrai, un peu forte pour une bonne marche normale; d'autre part en faisant $n = 3$, le rendement devient trop faible à moins qu'on n'augmente la surface totale. Ceci n'est plus qu'une question d'économie industrielle à trancher entre un plus gros capital en anodes ou des frais de réparation plus fréquents de la machine dynamo-électrique.

Exemple III. Décomposition de l'eau pour la production en grand de l'hydrogène et de l'oxygène séparés.

Machine Gramme, même type que précédemment.

Anodes de platine d'une étendue totale de 2,5 mètres carrés soit 5 mètres carrés de surface active.

Épaisseur du liquide entre anodes et cathodes $= 25^{cm}$.

Électrolyte : eau acidulée au $^1/_8$ d'acide sulfurique et de résistance spécifique $= 1{,}3$.

La polarisation e_1 se détermine par la formule $J\theta\, a$.

$$J = 4{,}2 \times 10^7 \quad \theta = 34462 \quad a = \frac{1}{9600}$$

$$e = \frac{J\theta a}{10^8} = 1{,}5 \text{ Volt.}$$

Nous trouvons

$$s = 1539$$

et pour le maximum de rendement

$$\varepsilon = 0{,}557$$
$$n = 1{,}33$$

Prenons $n = 2$ nous aurons

$$\varepsilon = 0{,}511$$
$$n\text{I} = 400$$
$$\text{I} = 200$$

ce qui équivaut à une production de 15 gr. ou 170 litres d'hydrogène par heure, pour une dépense de travail.

$$= \frac{\text{EI}}{g} = 128 \text{ kilogrammètres}$$

ou en ajoutant 25 p °/₀ pour la perte

$$= 160 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

Essayons pour obtenir un meilleur effet utile de prendre $n = 3$, nous aurons

$$\varepsilon = 0{,}32$$
$$n\text{I} = 158{,}5$$
$$\text{I} = 52{,}8$$

ce qui donne une production de 5,9 gr. d'hydrogène (66 litres) par heure pour une dépense de travail

= 34 kilogrammètres
ou pratiquement 42 kilogrammètres par seconde.

L'effet utile est dans ce second cas bien meilleur mais le rendement est devenu par contre trop faible comparativement au prix des machines Gramme.

(*A suivre*).

ESSAI

SUR LES

VARIATIONS PÉRIODIQUES DES GLACIERS

PAR

M. F.-A. FOREL

de Morges.

I

Après avoir, dans l'*Essai* que j'ai publié au mois de juillet dernier dans ces *Archives*[1], tenté de donner la théorie des variations glaciaires, j'ai été appelé à exposer oralement ces mêmes idées devant la Société helvétique des sciences naturelles, réunie à Aarau le 8 août 1881. J'ai reconnu alors que dans mon *Essai* j'avais trop négligé un facteur important, l'ablation, et j'ai à cette occasion pu compléter la théorie telle qu'on doit la déduire des faits actuellement connus. Dans le *Post-Scriptum* où je vais exposer ce point de vue, je n'aurai à infirmer aucun des développements donnés dans mon *Essai;* en ajoutant la considération d'une face nouvelle de la question, je n'aurai à rectifier qu'une seule de mes conclusions finales.

J'ai montré que du fait de la continuité du raccourcis-

[1] V. *Archives*, VI, p. 5, Genève, juillet 1881. Dans cet *Essai* je prie le lecteur de vouloir bien insérer la correction suivante : page 15, ligne 28, *au lieu de* tout au plus, *lisez* tout au moins.

sement constaté au glacier du Rhône, de 1856 à 1880, on pouvait conclure que si deux facteurs immédiats président à la position actuelle du front du glacier, le facteur dominant n'est pas la fusion de la tranche terminale du glacier par les chaleurs de l'été, mais c'est la vitesse d'écoulement du fleuve glacé.

La vitesse d'écoulement étant fonction de l'épaisseur, ce sont les variations de l'épaisseur du glacier qui déterminent les variations de la longueur.

Ces variations d'épaisseur, que l'expérience à montré être très considérables à la partie inférieure du glacier, peuvent être expliquées par de très légères variations dans l'épaisseur du névé, lesquelles, par suite des réactions que j'ai constatées entre la vitesse d'écoulement et l'épaisseur, s'exagèrent le long du cours du glacier et deviennent énormes dans la région inférieure.

Je ne reviens pas sur ces raisonnements que j'ai suffisamment développés.

Étudions maintenant l'effet des variations de l'ablation sur l'épaisseur du glacier; c'est le point nouveau que j'ai à ajouter à mes premières conclusions.

Le glacier étant formé d'une substance fusible sous l'influence de la chaleur, diminue de volume du haut en bas de son cours; depuis le névé jusqu'au front du glacier, toute l'épaisseur du fleuve de glace se transforme successivement et progressivement en eau, et s'écoule dans le torrent. Cette fusion, qui se traduit par une diminution d'épaisseur du glacier, l'ablation, varie d'importance de deux manières :

a. suivant l'altitude des différentes parties du glacier qui descend dans des régions de plus en plus chaudes.

b. suivant l'année et le caractère des facteurs météorologiques de l'été.

Le glacier perd par l'ablation une couche d'épaisseur variable suivant la région, entre 0 et 6 ou 8 mètres par an; cela signifie que chaque mètre carré de la surface du glacier a reçu dans l'année d'une manière ou d'une autre :

79000	calories si l'ablation a été de	1	mètre
158000	»	2	»
316000	»	4	»
632000	»	8	»

Or, si la quantité proportionnelle de chaleur reçue par les différentes régions du glacier est toujours à peu près la même d'une année à l'autre, si chaque année dans la région inférieure le glacier reçoit toujours cinq, dix, vingt fois plus de calories que dans ses régions supérieures, cette égalité n'existe pas dans la quantité de chaleur que reçoit la même région du glacier dans diverses années successives. Suivant que l'été est plus ou moins chaud, plus ou moins nébuleux, plus ou moins humide, plus ou moins venteux, suivant que les vents du nord ou les vents du midi prédominent, l'ablation sur la même section du glacier varie dans des limites assez larges.

De même que nous avons vu l'épaisseur de la neige du névé varier par périodes irrégulières de cinq, dix ou vingt ans, de même aussi on peut trouver des variations périodiques analogues dans les divers facteurs de l'ablation. Donnons une idée de ce fait en choisissant parmi ces facteurs le plus important, la température de l'été, et puisque nous ne possédons pas pour la région alpestre de séries assez prolongées, adressons-nous aux observations de Genève pour nous rendre compte de ces variations.

A Genève, pendant le lustre de 1826 à 1830 [1], la température moyenne de juin ayant été 16.67°

température moyenne de juin ayant été		16.67°
juillet	»	19.48
août	»	18.20
d'où la moyenne de l'été		18.12
laquelle rapportée pour ces mêmes mois à la température normale		17.84
donne une différence de		+ 0.28

Calculée de la même manière nous avons ainsi la variation de la chaleur pour les mois d'été des onze derniers lustres :

Mois d'été de		
1826—1830	différence avec la normale	+ 0.28°
1831—1835	»	+ 0.70
1836—1840	»	— 0.06
1841—1845	»	— 1.04
1846—1850	»	— 0.27
1851—1855	»	— 0.67
1856—1860	»	+ 0.11
1861—1865	»	+ 0.31
1866—1870	»	+ 0.37
1871—1875	»	+ 0.32
1876—1880	»	— 0.41

D'après cela nous aurions dans les températures estivales un excès dans les lustres de 1826 à 1835

un excès dans les lustres de		1826 à 1835
un déficit	»	1836 à 1855
un excès	»	1856 à 1875
un déficit	»	1876 à 1880

[1] E. Plantamour, *Nouvelles études sur le climat de Genève*, p. 27. Genève, 1876.

Si les circonstances avaient été dans les Alpes les mêmes qu'à Genève, nous aurions eu par le fait de la température un excès dans l'ablation vers 1835
un déficit » 1855
un excès » 1875
un déficit » dans les cinq dernières années.

Il y aurait donc dans l'ablation un fait de périodicité provenant de la variation périodique de la température.

On pourrait trouver des faits de périodicité analogues dans les phénomènes de l'humidité atmosphérique, des vents, de la nébulosité, lesquels, combinés avec la température, donnent une résultante déterminant la valeur annuelle de l'ablation.

Nous pouvons donc admettre comme probable une variation périodique dans la valeur de l'ablation, variation à périodicité irrégulière, de durée de cinq, dix ou vingt ans. Cette variation dans la valeur de l'ablation doit influer sur l'épaisseur des glaciers; il y aurait donc lieu d'en tenir compte dans le problème de la variation périodique de longueur des glaciers.

Mais ici doit intervenir une autre considération, c'est la durée très longue du voyage du glacier[1]. La glace qui part du névé emploie pour s'écouler dans la vallée et arriver au front du glacier un nombre d'années très considérable, temps différent selon la longueur du glacier, son altitude, son inclinaison, son exposition, temps variable avec l'épaisseur du glacier, temps dont la durée n'est pas encore bien établie, mais qui se chiffre par des cin-

[1] D'après l'heureuse expression de M. E. Rambert, *Les Alpes suisses*, III, 89.

quantaines et des centaines d'années. Cette durée du voyage est, pour les grands glaciers du moins, certainement très supérieure à la durée des périodes de l'ablation; tellement que l'on peut admettre que les variations en plus et en moins de l'ablation doivent se compenser, ou à peu près, durant ce très long trajet. La durée du voyage du glacier est telle que la tranche de glace qui arrive actuellement au front d'un grand glacier a, pendant certaines décades d'années, été soumise à une ablation trop forte, pendant d'autres décades, à une ablation trop faible; il semble donc au premier abord qu'il doive y avoir eu compensation, et que l'on puisse, dans le problème des variations de longueur, négliger le facteur de l'ablation.

Mais il y a lieu de donner attention à une circonstance qui modifie considérablement cette appréciation; c'est la différence d'importance de l'ablation suivant l'altitude. Tant que le glacier s'écoule dans ses hautes vallées, l'ablation l'attaque très faiblement; elle ne devient énergique que lorsque le glacier débouche dans la vallée basse. C'est là seulement, c'est dans les dernières années du voyage du glacier, que l'ablation fonctionne avec puissance, c'est dans les cinq, dans les dix, dans les vingt dernières années qu'elle produit tout son effet. Or cinq, dix ou vingt ans peuvent encore rester dans les limites de la périodicité que nous avons reconnue aux variations de la température, et que nous avons supposée par analogie aux autres facteurs de l'ablation. Nous avons vu que dans les lustres 1856 à 1875 la température estivale a été à Genève au-dessus de la normale : si les autres facteurs de l'ablation ont coïncidé avec la température pendant ces vingt ans, l'ablation a dû être plus forte que la moyenne, pendant vingt ans le glacier a dû considérablement diminuer

d'épaisseur dans la région inférieure, d'où la diminution de vitesse, d'où la retraite du glacier.

Le fait donc que l'ablation n'agit d'une manière puissante que sur la région inférieure du glacier, que par conséquent, dans les quelques années qui amènent au front la glace de cette région inférieure, il peut ne pas y avoir compensation des variations de l'ablation, ce fait oblige à considérer ces variations de l'ablation comme pouvant agir d'une manière efficace sur les variations de longueur du glacier.

Nous devons donc corriger les conclusions de notre *Essai*, et cela de la manière suivante :

Les variations de longueur du glacier proviennent de variations dans la vitesse d'écoulement; celles-ci proviennent de variations dans l'épaisseur. Ces variations d'épaisseur peuvent avoir deux causes :

ou bien des variations dans l'alimentation du glacier;

ou bien des variations dans la destruction du glacier, dans l'ablation.

Pouvons-nous juger laquelle de ces deux causes est la plus importante ? Cette appréciation me semble impossible dans l'état de nos connaissances. Nous ne savons pas dans quelles limites varie l'épaisseur des névés, nous ne savons presque rien sur la durée du voyage du glacier, nous ne savons rien ou presque rien sur la météorologie des hautes régions ; nous savons peu de chose sur la périodicité des divers facteurs de l'ablation, et rien du tout sur celle de l'ablation elle-même, nous ne savons pas dans quelles limites l'ablation varie d'intensité ; c'est à peine si nous avons quelques chiffres sur la valeur annuelle de l'ablation dans les diverses régions d'un ou deux glaciers. Les

quelques observations isolées, que nous possédons sur ces phénomènes, sont trop clair-semées et trop espacées pour qu'il soit possible d'en rien conclure dans la question qui nous occupe.

Cependant il est une considération générale qui nous permet d'apprécier d'une autre manière l'effet relatif des deux facteurs. Nous avons vu que toutes les variations d'épaisseur s'exagèrent du haut en bas du glacier ; plus long est le trajet depuis le point où a lieu la variation jusqu'à l'extrémité inférieure du glacier, plus cette variation s'exagèrera et augmentera d'importance. Or les variations dues à l'alimentation font sentir leur effet dans toute la longueur du glacier, depuis le névé jusqu'à l'extrémité terminale ; au contraire les variations dues à l'ablation ne produisent leur effet utile que dans la région inférieure du glacier. Il en résulte que les premières s'exagèrent dans tout le voyage du glacier, c'est-à-dire pendant un nombre considérable d'années, les secondes ne subissent cette exagération que pendant un petit nombre d'années. A égalité d'importance primitive, les variations dues à l'alimentation auront donc un effet définitif beaucoup plus puissant que celles qui proviennent de l'ablation.

Quoi qu'il en soit, ces deux facteurs, dont les variations déterminent indirectement les variations de longueur du glacier, produisent leur effet utile à des époques fort différentes. Une variation actuelle de l'épaisseur du névé se traduira par des variations de longueur, lorsque la glace qui part du névé sera descendue jusqu'au front du glacier, dans quarante, dans soixante, dans cent ans peut-être; au contraire une variation actuelle dans la valeur de l'ablation agira sur la longueur du glacier dans cinq, dans dix, dans vingt ans au plus. Inversement, si nous voulons

rechercher l'origine d'une variation actuelle de la longueur du glacier, nous devrons étudier l'épaisseur du névé dans une période fort reculée, et la valeur de l'ablation dans une période fort rapprochée.

Nous sommes donc en présence de deux facteurs variables, qui l'un et l'autre agissent à leur manière sur la longueur du glacier, mais qui sont absolument indépendants l'un de l'autre. Le facteur de l'alimentation résulte de la moyenne des chutes de neige tombées pendant une série d'hivers, il y a cinquante ou cent ans, sur les hauts névés, réservoirs du glacier; — le facteur de l'ablation résulte de l'état météorologique moyen des étés des dix ou vingt dernières années, dans la vallée basse où vient déboucher le glacier. Ces actions ne sont reliées ensemble par aucune solidarité quelconque. Il en résulte que suivant les hasards du développement des faits, ces deux facteurs peuvent, ou bien additionner leurs effets, ou bien les neutraliser. Si leur action sur la longueur du glacier concorde et si leurs effets s'additionnent, nous pouvons assister à ces variations énormes de longueur qui s'imposent une ou deux fois par siècle à l'attention des observateurs (variation positive des glaciers des Alpes vers 1817, variation négative vers 1875). Si au contraire les deux effets se neutralisent et s'annulent, alors nous voyons le glacier rester stationnaire ou dans un calme relatif, s'allonger ou se raccourcir fort peu, et seulement pendant un nombre d'années fort petit dans le même sens. Quand le glacier est ainsi stationnaire, il obéit d'une manière plus évidente aux variations annuelles de la valeur de l'ablation.

Ainsi donc, quand par coïncidence fortuite, les deux phénomènes qui président aux variations de longueur

tendent à annuler leur action, le glacier garde des dimensions moyennes et varie peu de longueur; quand par coïncidence fortuite ces deux phénomènes additionnent leurs effets, soit dans un sens soit dans l'autre, le glacier montre des variations de longueur considérables et prolongées, soit en s'allongeant, *variations positives*, soit en se raccourcissant, *variations négatives*. Ces coïncidences sont, répétons-le, purement accidentelles et fortuites, les deux phénomènes étant absolument indépendants l'un de l'autre. Ainsi s'explique, me semble-t-il, ce qu'il y a de capricieux et d'imprévu dans les allures des glaciers, au point de vue de leurs variations de longueur.

De cette manière je crois avoir exposé les faces principales de la théorie assez compliquée des variations périodiques des glaciers. Je la base sur deux thèses :

1re thèse : Les variations périodiques de longueur peuvent dans certains cas présenter une durée considérable, avec continuité de la variation dans le même sens (variation négative continue du glacier du Rhône de 1856 à 1881).

2me thèse : les variations d'épaisseur s'exagèrent dans le cours du glacier.

Sur ces deux thèses que j'ai développées dans mon *Essai*, j'établis la théorie comme suit :

Les variations de longueur proviennent de variations de la vitesse d'écoulement de la partie inférieure du glacier.

Ces variations de vitesse proviennent de variations de l'épaisseur du glacier.

Ces variations d'épaisseur peuvent avoir une double cause et provenir :

a. Des variations de l'alimentation par les chutes de neige, dans la période fort reculée où est partie du névé la glace qui arrive actuellement dans la région inférieure du glacier.

b. Des variations de l'ablation, soit fusion du glacier, dans la période la plus rapprochée (les dix ou vingt dernières années).

Ces deux causes principales datant d'époques différentes, peuvent accidentellement additionner leurs effets; l'on a alors les grandes variations périodiques à durée prolongée, à valeur considérable. — Ou bien elles peuvent neutraliser leurs effets, et alors on a un état relativement stationnaire du front du glacier.

Accessoirement, mais très accessoirement, la valeur de l'ablation dans l'été actuel influe sur la variation de longueur en faisant fondre une tranche plus ou moins épaisse sur le front même du glacier.

La période de décroissance des glaciers qui a été très évidente dans les Alpes centrales, et qui a eu son plus grand développement vers 1875, semble n'avoir pas été un phénomène purement local; d'après les nouvelles que nous recevons de divers côtés, elle paraît avoir été observée pendant les dernières années sur une portion assez considérable du globe. Elle a été constatée dans les Alpes autrichiennes[1], dans les Pyrénées[2], dans le Caucase[3]; il en serait de même pour les glaciers de la Scandinavie,

[1] *Zeitschrift d. deutsch. u. oesterr. Alpenvereins*, passim.

[2] Trutat, *Annuaire du Club alpin français*, II, 446.

[3] B. Schwalbe, *Ueber die Gletscher des Kaukasus. Z. d. d. u. œ. Alpenvereins*, X, 46.

(Nyström) du Spitzberg (Nordenskjöld) et du Groenland[1]. En se généralisant ainsi, cette période de décroissance des glaciers prend un intérêt considérable, et elle mérite d'être étudiée avec plus de soins et d'attention qu'elle ne l'a été jusqu'à présent.

Je prends donc la liberté d'adresser aux naturalistes qui habitent des contrées à glaciers, les mêmes questions que j'ai posées à mes correspondants dans les Alpes suisses, et de solliciter d'eux des réponses à tout ou partie des demandes suivantes :

Pour le passé : indiquer pour chaque glacier dans quelle année a commencé la période actuelle d'allongement ou de raccourcissement.

Pour le présent : indiquer quels sont les glaciers qui, cette année, sont en période d'allongement, lesquels sont en période de raccourcissement, lesquels sont stationnaires.

Pour l'avenir : noter chaque année, pour chaque glacier, s'il s'allonge, s'il se raccourcit ou s'il reste stationnaire.

Il serait en outre désirable, si la chose est possible,

a. d'avoir en chiffres la valeur de ces variations ;

b. de rapporter chaque année, par quelques mesures appropriées, la position du front du glacier, à quelques points fixes, invariables ;

c. de lever un plan du front des glaciers qui sont à la fin d'une période, c'est-à-dire qui, après s'être allongés pendant longtemps, commencent à décroître, ou qui com-

[1] Ch. Dufour, *Retrait des glaciers européens.* (*Bull. soc. Vaud. sc. nat.*, XVII, 422.)

mencent à s'allonger après s'être considérablement raccourcis.

d. d'avoir des renseignements sur l'épaisseur relative du glacier en divers points de sa longueur.

Adresse : Prof. F.-A. Forel, à Morges, Suisse.

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

ÉTUDIÉS PAR LA COMMISSION SISMOLOGIQUE SUISSE

De novembre 1879 à fin décembre 1880

PAR

M. F.-A. FOREL

De Morges.

La Commission sismologique suisse [1], instituée par la Société helvétique des sciences naturelles, dans sa session de Berne, en août 1878, a établi son programme en dirigeant son activité sur trois points principaux :

1° Réunir tous les documents sur les tremblements de terre constatés en Suisse dans les temps passés. Pour cela elle a chargé son président, M. le prof. A. Forster, directeur de l'observatoire tellurique de Berne, d'organiser des archives dans lesquelles s'accumulent tous les matériaux qui appartiennent à l'histoire du phénomène sismique en Suisse. Toutes les personnes, qui ont en main des documents intéressant ce chapitre de l'histoire naturelle de la Suisse, sont invitées à bien vouloir en donner connaissance à M. Forster, et si possible à les déposer aux archives de la Commission.

[1] La commission est composée de MM. A. Forster, à Berne, président; A. Heim, à Zurich, secrétaire et rapporteur; J. Amsler, à Schaffhouse; R. Billwiller, à Zurich; C.-G. Brügger, à Coire; F.-A. Forel, à Morges; E. Hagenbach-Bischoff, à Bâle; L. et C. Soret, à Genève; A. de Torrenté, à Sion.

2° Collecter tous les documents possibles sur les tremblements de terre actuels ; nous allons revenir sur ce point.

3° Organiser un système d'observations méthodiques, à l'aide d'appareils distribués sur tout le territoire de la Suisse, qui donnent des chiffres et valeurs comparables entre eux et permettent une étude vraiment scientifique du phénomène. Cette partie du programme s'est trouvée être de beaucoup la plus difficile. Un phénomène tel que le tremblement de terre ne peut être complètement étudié qu'à l'aide d'appareils enregistreurs ; les appareils sismomètres ou sismographes, sont très nombreux et il n'est pas d'auteur qui se soit occupé de la question qui n'ait inventé un ou plusieurs instruments. Mais si plusieurs de ces appareils répondent assez bien à certains désidératas, et réussissent suffisamment à noter quelques-uns des points intéressants du phénomène, cependant nous n'en avons pas encore trouvé un qui répondît à la fois aux conditions essentielles du problème, à savoir : être un appareil suffisamment bon marché pour qu'on puisse le distribuer en grand nombre dans tous les districts du pays, et être capable d'enregistrer d'une manière comparable le moment de la secousse, son intensité, sa direction, ses particularités. Plusieurs appareils sont actuellement en expérimentation dans les observatoires de Berne, de Bâle, de Genève ; nous espérons pouvoir aboutir un jour à la solution de ce problème, en nous aidant des travaux excellents des physiciens qui, dans d'autres pays, surtout en Italie et au Japon, s'occupent des études sismologiques.

Revenons à la collection des matériaux sur les tremblements de terre actuels ; c'est le point sur lequel nous

avons les résultats immédiats les plus heureux et les plus encourageants. Comme on le sait, notre Commission s'est adressée au grand public par un appel direct, et par la voie des journaux, en demandant à chacun de bien vouloir observer le phénomène et de nous communiquer les détails observés. Pour aider à la compréhension et à la collection des observations sismologiques nous avons tout d'abord répandu à profusion l'étude populaire qu'a rédigée notre collègue M. A. Heim, de Zurich[1]; puis nous avons établi un questionnaire qui précise les points principaux ayant de l'importance scientifique. Grâce à l'appui de la presse périodique, grâce surtout à la bonne volonté que notre appel a rencontré dans toutes les classes de la société, nous avons pu réunir un nombre très considérable d'observations, la plupart très bien faites, souvent beaucoup plus complètes et beaucoup plus précises que nous n'osions l'espérer au début; il en est bien peu, même parmi les plus simples et les plus modestes, dont une comparaison et une critique intelligente ne puisse tirer quelque chose d'utile. Un fait particulièrement intéressant, c'est que la valeur relative de ces observations s'est notablement élevée, et que, après deux ans de récolte de ces documents, nous reconnaissons une supériorité très évidente dans ceux qui nous ont été envoyés les derniers : le public apprend à observer les tremblements de terre.

L'étude critique de ces milliers de documents devra se poursuivre encore pendant longtemps, mais nous sommes déjà en mesure de montrer en en faisant un premier résumé que les résultats de cette étude peuvent être fort

[1] A. Heim, *Les tremblements de terre, leur étude scientifique*, trad. F.-A. Forel. Zurich, 1880 ; *Archives*, 1880, t. III, p. 261.

importants. Nous voulons en tout premier lieu témoigner notre vive reconnaissance à tous ceux, petits et grands, savants et non-savants, qui d'un bout à l'autre de la Suisse se sont intéressés à nos études, et qui avec la plus obligeante bonne grâce nous ont envoyé leurs observations.

Tous ces documents sont conservés dans les archives de la Commission pour être successivement étudiés et comparés. Une première étude vient d'en être faite par M. le prof. Heim[1]; je voudrais, en m'appuyant sur les faits ainsi résumés, présenter aussi, à ma manière, les phénomènes sismiques de notre première année d'étude. La forme de mon résumé s'éloignera souvent de celle de mon ami Heim, il ne sera pas responsable des vues théoriques que je me permettrai de hasarder; je renvoie, pour tous les détails des faits et pour les vues théoriques originales de mon collègue, au travail excellent d'où j'ai tiré toutes les données de l'exposition qui va suivre.

J'ai tout d'abord quelques définitions à faire qui nous épargneront de vaines redites, et simplifieront la description. Le tremblement de terre est rarement un phénomène simple; il est le plus souvent compliqué; il y a donc lieu de faire des distinctions.

J'appellerai un *tremblement de terre*[2] l'ensemble des secousses ressenties dans une aire d'ébranlement déterminée, pendant un espace de temps limité, en général un ou deux jours. Quelquefois la durée d'un tremblement de terre est beaucoup plus considérable, et la série des

[1] A. Heim, *Die schweizerischen Erdbeben von Nov. 1879 bis Ende 1880. In Jahrbuch des tell. Observatorium's in Bern.* Jahrg. 1880. Berne, 1881.

[2] Et pour plus de rapidité un tremblement.

secousses que l'on peut relier ensemble embrasse plusieurs mois (tremblement de terre de Viège 1855) ou même plusieurs années.

J'appellerai *secousse* un ébranlement du sol causé par une impulsion spéciale, distincte; la secousse dure quelques secondes au plus dans la même localité. Elle se propage dans l'aire d'ébranlement avec une vitesse déterminée. Exemple : le tremblement de terre du 30 décembre 1879 a été formé de trois secousses principales et d'une douzaine de secousses accessoires ou douteuses.

La secousse peut être formée de plusieurs mouvements distincts que j'appellerai suivant les circonstances, *oscillations* quand il y a prédominance du mouvement de balancement, *vibrations* quand le mouvement a le caractère d'une trépidation, *choc* quand il y a impulsion violente, brève, subite, etc.

J'appellerai *aire d'ébranlement* ou *aire sismique*[1] la surface de pays dans laquelle le tremblement ou la secousse auront été sentis.

J'appellerai *centre sismique* ou *aire centrale* le point ou la partie de l'aire d'ébranlement où nous devons chercher le point de départ de l'impulsion; le centre sismique est déterminé, entre autres, par l'intensité plus forte des secousses, par l'origine du mouvement au point de vue du temps, ou par la convergence de la direction des oscillations.

Pour essayer d'évaluer l'intensité des secousses par la simple observation des effets produits sur l'homme et ses habitations, en attendant l'observation plus précise d'enregistreurs comparables entre eux, j'ai proposé l'échelle

[1] Du mot grec « seismos, » tremblement de terre.

suivante qui a été adoptée par M. Heim dans son travail de cette année [1].

I. *Secousse d'ordre microsismométrique.*

II. *Secousse extrêmement faible,* perceptible seulement par des instruments sismométriques.

III. *Secousse très faible,* appréciable par l'homme éveillé, dans un état particulièrement favorable pour l'observation, au repos, couché, etc.

IV. *Secousse faible,* observable par l'homme éveillé en état d'activité, capable de réveiller l'homme endormi; mise en balancement d'objets suspendus ou de liquides.

V. *Secousse d'intensité moyenne,* déplacement d'objets mobiliers.

VI. *Secousse forte,* renversement d'objets mobiliers, fissures aux parois et aux plafonds des maisons.

VII. *Secousse assez forte,* dégradation aux maisons, renversement des cheminées.

VIII. *Secousse très forte,* renversement des hangars et des masures.

IX. *Secousse extrêmement forte,* renversement des maisons de solide construction.

X. *Secousse d'intensité extrême,* bouleversement des couches terrestres, fentes à l'écorce de la terre, éboulement des montagnes.

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.,* IV, 371, Genève, 1880. Depuis que cette échelle a été proposée, j'ai reçu connaissance d'une échelle analogue établie déjà en 1875 par M. M.-S. de Rossi, de Rome, et adoptée par les sismologues italiens. Devant les droits de priorité évidents de M. de Rossi j'aurais immédiatement retiré l'échelle que j'avais établie, si nous n'avions reçu de MM. de Rossi et Gatta la proposition d'étudier en commun une révision de ces échelles d'intensité, en tenant compte de l'expérience des années écoulées. Nous avons accepté avec empressement cette offre; mais le travail de révision est assez long, et nous ne pourrons l'utiliser que pour le rapport de l'année prochaine.

Voici maintenant l'énumération des tremblements de terre notés en Suisse depuis 1876. Jusqu'en novembre 1879 cette liste se base uniquement sur les notes que j'ai recueillies d'après les renseignements des journaux; depuis novembre 1879 j'analyse le résumé de M. Heim des documents réunis par la Commission sismologique suisse, je numérote par des chiffres romains les tremblements de terre, par des lettres les secousses principales.

1876.

I.	Avril	2	6 h.[1] — m.	Neuchâtel.
II.	»	30 *a*	2 » 10′ s.	»
	Mai	1 *b*	4 » 45′ m.	»
	»	2 *c*	8 » 30′ m.	»
III.	»	7	5 » 45′ m.	Morges, Orbe, Yverdon.
IV.	Novembre	29	7 » 20′ s.	» »

1877.

I.	Mai	2	9 h. — s.	Suisse du nord, et nord-est.
II.	Octobre	8 *a*	4 » — m.	Morges, Genève.
	»	» *b*	5 » 21′ m.	France, Suisse, polygone limité par Valence, Lyon, Besançon, Belfort, Mulhouse, Liestal, Langnau, Berne, Fribourg, Château-d'Oex, Sion, Sallanches, Moutiers, Allevard, Valence.
III.	Octobre	22	10 h. — s.	Zermatt, Sion, trois secousses à 9 h. 55′, 10 h. et 12 h. s.
IV.	»	31	2 » — m.	San Vittore (Grisons).
V.	Novembre	30	soirée	Lausanne, Neuchâtel.

1878.

I.	Janvier	16 *a*	11 h. 55′ s.	Jura bâlois, Waldshut, Bâle, Brugg, Rothenfluh, Schopfheim, Lörrach.
	»	17 *b*	3 » — m.	Bâle.
II.	Mars	29	1 » — m.	Liestal, Soleure.
III.	Avril	14	7 » 45′ s.	Coire, Arduz.
IV.	»	30 *a*	3 » 15′ m.	Château-d'Oex, Lausanne.

[1] L'heure indiquée est toujours donnée en temps moyen de Berne.

	Mai	1 *b*	4 h. — m.	Morges.
V.	Juin	14	nuit	Churwalden.
VI.	Décembre	4	6 h. 30′ s.	Saas.
		1879.		
I.	Janvier	24	nuit	Uri, Schwyz, Glaris.
II.	Février	14	7 h. — m.	Brusio.
III.	Juillet	20	3 » 30′ m.	Vulpera (Engadine).
IV.	Novembre	28		Lugano.
V.	Décembre	4 *a*	5 » 35′ s.	Savoie et Suisse occidentale.
	»	» *b*	4 » — m.	Étoy, Lausanne.
	»	5 *c*	2 » 31′ s.	Jura bâlois.
VI.	»	12	6 » — m.	Lostorf (Soleure).
VII.	»	30 *a*	0 » 27′ s.	Savoie, Suisse occidentale.
	»	» *b*	8 » 31′ s.	» »
	»	31 *c*	1 » 30′ m.	Savoie.
VIII.	»	30		Niederaach (Thurgovie), cinq secousses.
		1880.		
I.	Janvier	7		Grisons, trois secousses.
II.	»	30	3 h. 20′ m.	Bas-Valais.
III.	Février	20		Splügen, deux secousses.
IV.	»	22 à 23		Oberland bernois.
V.	Avril	12	7 h. 40′ s.	Filisur, etc., Grisons.
VI.	»	26	3 » 30′ m.	Ilanz, Grisons.
VII.	Mai	7	5 » 45′ m.	Tarasp, Grisons.
VIII.	»	7	9 » 5′ s.	Villeneuve et Mézières.
IX.	»	23		Islikon, Gachnang (Thurgovie), quatre secousses.
X.	Juin	4	2 » 45′ m.	Morges.
XI.	»	9	7 » 2′ m.	Schaffhouse.
XII.	»	26	3 » 10′ m.	Genève, Nyon, etc.
XIII.	Juillet	4 *a*	9 » 20′ m.	Toute la Suisse.
	»	» *b*	8 » — s.	»
XIV.	»	9	10 » 30′ s.	Locle.
XV.	»	14	8 » 20′ s.	Bergün (Grisons).
XVI.	»	20	10 » — s.	Frütigen, Lavaux.
XVII.	Septembre	3	6 » 45′ m.	Zermatt.
XVIII.	»	8	8 » — m.	Viège.
XIX.	»	10	1 » 29′ m.	Brugg.
XX.	»	19-24		Fribourg.
XXI.	Décembre	22		Davos.

A ces tremblements dont la Commission suisse a

recueilli les observations, nous avons à ajouter, d'après les notes des journaux, et d'après le rapport de M. C.-W.-C. Fuchs. (Die vulkanischen Ereignisse des Jahres 1880. Tschermak's Mitth. p. 51 sq. 1881.)

8 juillet 1880, 1 h. m., Riesbach, Zurich.

29 octobre, 0 h. 50′ m., Fribourg, Langenthal.

17 novembre, 6 h. s., Berne, Bâle (16 novembre d'après M. Fuchs).

30 novembre, 2 h. 5′ m. Schaffhouse.

Mais comme nous n'en avons pas d'observations directes nous ne les faisons pas rentrer dans notre catalogue.

D'après cette énumération nous aurions eu en Suisse,

En 1876	4	tremblements	de terre,
» 1877	5	»	»
» 1878	6	»	»
» 1879	8	»	»
» 1880	21	»	»

Devons-nous admettre en suivant ces chiffres, une plus grande fréquence des phénomènes sismiques en 1880 que dans les années précédentes ? Je ne le pense pas, non plus que mon collègue M. Heim. Le public et les journaux ont, depuis l'appel de la commission sismologique, donné plus d'attention à ces mouvements du sol et ceux-ci ont été enregistrés avec plus de soin. Les trois quarts de ces tremblements auraient échappé auparavant aux catalogues sismiques.

Reprenons maintenant les tremblements sentis en Suisse, depuis que notre commission fonctionne [1].

[1] Voir la carte (pl. IV) que nous publions à la suite de ce mémoire. L'aire du tremblement de terre, pour autant qu'elle nous est connue, est figurée par une ligne pleine pour les tremblements de 1879, et par une ligne pointillée pour ceux de 1880. Les chiffres romains

1879, IV, 28 novembre. *Lugano* (Tessin). Nous n'avons aucun détail.

1879, V, 4-5 décembre. *Suisse occidentale. Savoie.*

Ce tremblement a été complexe. Il comprend les secousses suivantes :

4 décembre, C. 9 h. 30′ m. Colombier (Neuchâtel).
» 5 h. 33 s. *Grande secousse.* Savoie, Genève, Lausanne.
4 décembre, C. minuit. Saint-Loup (Fribourg).
5 décembre, C. 2 h. m. Bubendorf.
» C. 4 h. m. Riehen (Bâle).
» C. 5 h. m. Lausanne. Étoy, *secousse faible.*
» 5 h. 32 m. Locle.
» C. 10 h. m. Itingen (Bâle).
» 2 h. 31′ m. s. *Grande secousse.* Jura bâlois.
5 décembre, C. 9 h. s. Riehen.

Nous avons donc trois secousses principales et sept secousses accessoires, mal déterminées, en partie douteuses.

Secousses principales. La grande secousse du 4 décembre à 5 h. 35′ s. a eu une aire d'ébranlement assez considérable, s'étendant d'Allevard près Grenoble, à Genève, Nyon, Morges et Lausanne. La longueur de l'aire sismique est de 150 kil. environ. Sa largeur est indéterminée. Le centre sismique est indéterminé. L'intensité à Genève a atteint le n° IV de notre échelle.

La secousse du 5 décembre, à environ 5 h. du matin, a été notée par plusieurs personnes à Lausanne et à Étoy. C'était au moment d'un violent orage, aussi les observations sont très peu nettes : intensité n° III.

intercalés dans ces lignes indiquent le numéro d'ordre du tremblement.

La grande secousse de 2 h. 31′ soir a eu une intensité plus forte, nº V. Elle a été sentie très nettement dans un polygone formé par Aarau, Frick, Schopfheim, Bâle, Benken, Hagendorf (près Olten); il y en a des observations isolées à Soleure, Bipp (Berne), Schaffhouse, Schleitheim, Badenwyler (Forêt noire), Russikon (Zurich), Niederaach (Thurgovie). Cette aire sismique comprend donc le Jura bâlois, le sud de Baden, les cantons de Schaffhouse, Thurgovie, Zurich, Argovie, Soleure et même Berne; elle mesure 140 kil. de longueur et 60 kil. de large. Le centre sismique a été près de Bâle.

Si nous réunissons les points ébranlés dans les grandes secousses et dans les secousses accessoires, nous voyons que ce tremblement a eu une aire allongée parallèlement à la grande chaîne des Alpes, d'Allevard à Schaffhouse, sur une longueur de 370 kil.; cette aire était relativement étroite; aux points connus de la plus grande largeur elle atteignait à peine 60 kil. L'ébranlement s'est très évidemment propagé dans les secousses successives du S.-O. au N.-E. de l'aire d'ébranlement.

1879. V, 12 décembre *Lostorf*. Une légère secousse a été sentie avant le lever du soleil à Lostorf et à Gösgen près d'Olten. Cette secousse appartient-elle au tremblement du 5 décembre comme le veut Heim, ou est-elle un phénomène distinct? la question peut se discuter.

Le même jour à 2 $^1/_2$ h. soir une secousse est indiquée à Oberweiler au pied du Blauen dans la Forêt-Noire. Y a-t-il des rapports entre ces deux secousses? Cela semble probable.

1879, VII, 29-31 décembre, *Savoie et Suisse occidentale.*

Ce beau tremblement a été composé d'un assez grand nombre de secousses [1].

29 décembre, C. 11 h. 20′ s. Genève.
30 » 0 h. 15′ m. Genève.
» » entre 2 et 4 h. m. Rolle.
» » 3 h. 30′ m. Genève.
» » C. 6 h. » m. Yverdon.
» » C. 10 h. » m. Martigny.
» » C. 11 h. » m. Rossinières.
» » 0 h. 27′ s. *Grande secousse*, Savoie, Suisse occidentale.
» » C. 1 h. 20′ s. Genève, Sion, Thoune.
» » 2 h. 15′ s. Sixt.
» » C. 6 h. 30′ s. Berne, Thoune.
» » 8 h. 10′ s. *Grande secousse*, Savoie, Suisse.
» » 8 h. 24′ s. Montriond (Savoie).
» » 12 h. 32′ s. Samoens.
31 décembre, C. 1 h. 30′ m. *Grande secousse*, Savoie.

Il y a donc eu trois secousses principales et une douzaine de petites secousses mal définies et en partie douteuses.

La première grande secousse a été sentie dans un polygone limité par Lyon, Salins, le Locle, Soleure, Huttwyl, Lucerne, Alpnach, Innertkirchen, Sion, le Chable, Grand Saint-Bernard, Chamonix, Saint-Gervais, Annecy, Chambéry, Lyon. Cette aire forme un ovale de 300 kil. de long sur 150 kil. de large, parallèle à la grande chaîne des Alpes. L'aire centrale a été entre Sixt, Samoens, Mont-

[1] Voir pour les détails : F.-A. Forel, Tremblement de terre du 30 décembre 1879, *in Jahrbuch d. tell. Obs. z. Bern.* 1880.

riond et Saint-Jean d'Aulph, c'est-à-dire, entre les vallées de l'Arve et de la Dranse en Savoie. Dans cette aire centrale l'intensité a été n° VII. Vers le centre, la secousse a été composée de deux chocs ; elle s'est propagée vers la périphérie sous forme d'oscillations au nombre de 2, 4 ou 6 avec une vitesse moyenne de 300^m à 400^m par seconde.

La seconde grande secousse, moins forte que la première, d'intensité N° V, a eu une aire d'ébranlement moins considérable. Ses limites ont été Cluses, Tanninges, Mésinges, Morges, Lausanne, Thoune, Interlaken, Sion, Martigny, Chamonix, Saint-Gervais et Cluses.

Cet ovale dont le grand axe mesure 150 kilom. et le petit axe 80 kilom. est inscrit dans l'aire de la première grande secousse. Le centre sismique a été le même que celui de la secousse de midi. La secousse du soir a été formée par un seul choc.

La troisième grande secousse, plus faible encore que les précédentes, d'intensité n° IV, a été notée à Sixt, Cluses, Tanninges, Montriond, sur un espace de 20 à 30 kilom. de diamètre. Cette aire est précisément le centre sismique des deux autres secousses.

Ainsi donc, tandis que dans le tremblement du 4 décembre le centre se déplaçait d'une extrémité à l'autre de l'aire sismique, dans celui du 30 décembre le centre est resté localisé au même endroit. L'intensité des ébranlements et l'étendue de l'aire ont été en décroissant dans les trois secousses principales.

1879, VIII. 30 décembre, *Niederaach.* En même temps que la Savoie et la Suisse Occidentale étaient ébranlées par le tremblement que nous venons de décrire, une série de cinq secousses étaient notées à Niederaach près

d'Amriswyl (Thurgovie). Cette localité séparée de l'aire d'ébranlement du tremblement de terre de Savoie par une large zone où aucune secousse n'a été notée, a été, semble-t-il, le siège d'un tremblement local spécial. Les secousses, faibles du reste, ont été notées, le 30 décembre à 3 h. 10′, vers 4 h., à 6 h. 15′, vers 7 h. et après minuit. Pour Heim, ce tremblement de Niederaach est sous la dépendance des grandes secousses qui ébranlaient si fortement la Savoie à 250 kilom. de distance.

1880, I, 7 janvier. *Grisons.* Ce tremblement a été formé de trois secousses :

à 0 h. 30′ matin
3 40′ »
4 25′ »

Ces trois secousses ont été localisées à peu près dans la même partie centrale des Grisons; d'après les observations que M. Brügger, de Coire, a rassemblées, l'aire d'ébranlement du tremblement dans son ensemble est limitée par le polygone Mayenfeld, Ilanz, Hinterrhein, Saint-Bernardin, Bondo, Vicosoprano, Bergün, Davos, Küblis, Mayenfeld[1], comprenant les vallées du Rhin, Vorderrhein, Domlesch, Schams, Rheinwald, Avers, Oberhalbstein, Bergün, Davos, Prättigau, et une partie du val Bregaglia.

La première secousse, la moins étendue a été sentie de Splügen à Coire, et en outre à Filisur; la seconde a ébranlé la partie nord de l'aire de Mayenfels à Conters (Oberhalbstein), et de Saint-Bernardin à Bergün; la troisième secousse, la plus étendue dans son aire d'ébranlement, a été sentie dans le polygone que nous avons

[1] Une des secousses a été sentie à Glaris, canton de Glaris.

délimité sauf aux extrémités nord et ouest, à Mayenfels, Ilanz et Saint-Bernardin.

Dans l'étude très intéressante que M. Heim a faite de ce tremblement, et sur la carte détaillée qui l'accompagne, il distingue une ligne d'ébranlement transversale à la chaîne des Alpes, s'étendant de Mayenfels à Bondo et deux lignes longitudinales, parallèles l'une à l'autre, traversant l'une d'Ilanz à Küblis, l'autre d'Hinterrhein à Bergün.

La longueur de la ligne transversale, soit le grand axe de l'aire d'ébranlement est de 80 kilom , la longueur des lignes longitudinales est de 55 kilom.

L'intensité des secousses n'a pas dépassé le n° V de l'échelle.

1880, II, 30 janvier. *Bas-Valais.* A 3 h. 28′ matin une secousse assez intense a réveillé les habitants de Sion, Martigny, Saint-Maurice et Vouvry. Un violent bruit, comparable à celui du canon, a accompagné la secousse.

Vers 5 h. du matin légère secousse à Sion.

Aire d'ébranlement 32 kilom. de longueur; largeur inconnue. Intensité IV.

1880, III, 20 février. *Splügen* (Grisons). Peu après minuit légère secousse à Nufenen entre 4 h. et 4 h. 15′ matin, secousse à Nufenen et Splügen dans la vallée de Rheinwald, et à Campodolcigno de l'autre côté du Splügen dans le val Liro.

L'aire d'ébranlement mesure 18 kilom. Intensité IV.

1880, IV, 22-23 février. *Oberland Bernois.* 22 février, 9 h. 30′ s. secousse légère à Beatenberg (lac de Thoune); 23 février, entre 2 et 3 h. m. secousse légère à Ringgenberg (lac de Brienz); 23 février, 6 h. 30′ m. forte

secousse dans la plaine d'Interlaken et les vallées de l'Aar et de la Lütschine.

L'aire d'ébranlement, d'après les rapports reçus, est limitée par Beatenberg, Habkern, Brienz, Meyringen, Grindelwald, Lauterbrunnen, Beatenberg; sa longueur étant d'environ 24 kilom.

L'intensité de la secousse principale est appréciée par le n° IV.

1880, V, 12 avril. *Albula.* Grisons. Une secousse d'intensité n° III, composée de trois oscillations a été sentie à 7 h. 40′ s. à Bergün, Filisur et Alveneu, dans la vallée de l'Albula. L'aire sismique mesure environ 10 kilom. de long.

1880, VI, 26 avril. *Ilanz,* Grisons. A Ilanz, secousse limitée à une aire de moins de 5 kilom. de diamètre, d'intensité n° III, à 3 h. $^1/_2$ m.

1880, VII, 7 mai. *Tarasp,* Grisons. Assez forte secousse, localisée dans le village de Tarasp (Engadine), à 5 h. 45′ m.

1880, VIII, 7-8 mai. *Villeneuve,* (Vaud). Le 7 mai à 9 h. 5′ s. forte secousse dans la vallée du Bas-Rhône vaudois, de Montreux à Aigle, avec centre sismique à Villeneuve et Rennaz, d'intensité V.

Le 8 mai, à 1 h. 5′ m. à Mézières (Jorat Vaudois), secousse d'intensité III.

En réunissant ces deux secousses, l'aire d'ébranlement mesure 35 kilom. de longueur.

1880, IX, 23 mai. *Islikon* (Thurgovie). Quatre secousses, C^a 1 h.; C^a 5 h.; 8 $^1/_2$ h. et 11 h. 50′ m. ont été senties dans les villages d'Islikon et de Gachnang près de Frauenfeld.

L'aire d'ébranlement était fort limitée, car à Frauenfeld rien n'a été senti. Intensité III.

1880, X, 4 juin. *Morges* (Vaud). Une légère secousse a réveillé trois personnes dans trois quartiers différents vers 2 h. 45′ m.; cette secousse n'a pas été signalée ailleurs. Intensité III.

1880, XI, 9 juin, *Schaffhouse.* A 7 h. 2′ m. une légère secousse, d'intensité III, a été sentie par plusieurs observateurs.

1880, XII, 28 juin, *Genève et Nyon.* Deux légères secousses ont été senties à Genève vers minuit et demi, et 2 h. $^1/_4$ m.

Une forte secousse à 3 h. 12′ m. a ébranlé la partie occidentale de la vallée du Léman, de Genève à Lausanne (Nyon 3 h. 10′ 45″, Genève 3 h. 12′ 55″). L'aire d'ébranlement de la grande secousse est limitée par Lausanne, Orbe, Gimel, Longirod, Gex, Lancy, Monnetier, Jussy, Anthy, Saint-Jean d'Aulph et Lausanne. Longueur 70 kilom., largeur 50 kilom. Le centre sismique a été évidemment entre Coppet et Nyon, et la secousse y a eu une intensité n° V.

1880, XIII, 3-5 juillet. *Toute la Suisse.* Ce grand tremblement de terre a été fort compliqué. Deux grandes secousses le 4 juillet à 9 h. 20′ m. et 8 h. 30′ s. ont été senties dans toute la Suisse ; elles ont été précédées et suivies d'une série de petites secousses, la plupart notées dans une seule localité, quelques-unes un peu douteuses. En voici l'énumération complète.

3 juillet 9 h. 30′ s. Aigle.

4 juillet, 1 h. $^1/_2$ m. Parpan (Grisons), C^a 2 h. Samoens,

2 h. 16′ Lucerne, Ca 3 h. Aarau, 4 h. 55′, Saint-Prex (Vaud), 9 h. 15′ m. Val d'Hérens.

9 h. 20′ m. *Grande secousse,* toute la Suisse, sud de Bade, nord du Piémont.

9 h. 30′ m. Zermatt, 9 h. 38′ Louëche-la-Ville, 10 h. 10′ m. et 10 h. 30′ Riva (val Sesio).

1 h. 30′ s. Parpan, 1 h. 50′ s. Louëche-les-Bains, Ca 5 h. s. Bienne, 6 h. 20′, Vandœuvres (Genève), 7 h. 20′ s. val d'Hérens.

8 h. 30′ s. *Grande secousse,* toute la Suisse.

9 h. 30′ s. Bex, Ca 10 h. s, Giornico (Tessin).

5 juillet, 10 h. 50′ m. Louëche-les-Bains.

S'il nous était permis de considérer comme authentiques et distinctes toutes ces petites secousses, le tremblement aurait été ainsi composé de deux grandes secousses et de 19 petites secousses.

La grande secousse de 9 h. 20′ m. a été sentie dans toute la Suisse à l'exception des extrêmes frontières occidentales et orientales, le sud du pays de Bade et le nord du Piémont. L'aire d'ébranlement est limitée par le polygone Bâle, Müllheim, Lenzkirch, Stockach, Zizenhausen, Friedrichshafen, Pfullendorf, Coire, Sutz, Poschiavo, Chiasso, Milan, Vercelli, Ivrea, Pont (Orco), Annecy, Genève, Locle, Tramelan, Bâle. La longueur, de Vercelli à Lenzkirch, est de 305 kilom., la largeur, de Genève à Poschiavo, de 280 kilom.

L'intensité de la secousse a été assez forte, atteignant les nos VI et VII dans le Haut-Valais, à Brieg, Simplon, et la vallée d'Urseren, localités qui pourraient être considérées comme l'aire centrale du mouvement[1]. La secousse a

[1] Dans l'étude attentive que M. Heim a faite de ce tremblement de terre, il n'accepte pas, dans ce cas, l'existence d'un point central d'ébranlement; il montre que ni l'intensité de la secousse, ni le

du reste été encore assez forte, intensité V, dans des localités fort éloignées de ce centre, au lac de Thoune, dans les Grisons, à Winterthour, Saint Gall, Constance.

La seconde grande secousse, celle de 8 h. 30′ s. a eu une aire moins considérable enveloppée par l'aire de la grande secousse du matin. Elle a été sentie dans le polygone : Aigle, Château d'OEx, Bienne, Zofingue, Zurich, Schaffhouse, Stockach, Saint-Gall, Locarno, val Sesia, val d'Aoste. Les diamètres de cette aire seraient d'environ 240 sur 160 kilom. L'intensité a été beaucoup plus faible que dans la secousse du matin et ne dépasse guère les nos III et IV de l'échelle.

1880, XIV, 9 juillet, *Locle.* A 9 h. 30′ s. petite secousse localisée au Locle (Neuchâtel). Intensité n° III.

Appartient-elle encore au grand tremblement du 4 juillet, comme le pense M. Heim, ou bien, séparée de ce tremblement par un intervalle de 4 jours, et située bien loin du centre d'ébranlement du Haut-Valais, est-elle un phénomène sismique distinct et isolé, comme je le crois? la question peut se discuter.

1880, XV, 14 juillet, *Bergün* (Grisons). A 8 h. 20′ et 8 h. 30′ s. deux secousses légères. Intensité n° III.

1880, XVI, 20 août, *Lavaux.* Vers 10 h. s. une légère secousse est signalée en même temps à Pully près Lausanne, à Jongny sur Vevey, et à Frutigen dans la vallée de la Kander.

bruit souterrain, ni l'instant précis des commotions, ni la direction des oscillations, ni la nature de l'ébranlement ne permettent de déterminer un centre d'ébranlement, d'où seraient parties les secousses. Il en conclut à un déplacement général des couches terrestres sur un territoire fort étendu, plutôt qu'à une impulsion ou à un choc parti d'un point déterminé.

Les données sur l'heure des secousses sont trop peu précises pour que nous puissions sûrement distinguer s'il y a eu une seule ou plusieurs secousses.

L'aire d'ébranlement mesure environ 75 kilom. de longueur. Intensité n° III.

1880, XVII, 3 septembre, *Zermatt.* A 6 h. 45′ m. légère secousse sentie seulement à Zermatt (Valais).

1880, XVIII, 8 septembre, *Viège.* A 8 h. du matin, légère secousse signalée à Viège (Valais).

1880, XIX, 10 septembre, *Brugg.* Une secousse à 1 h. 29′ m. signalée à Brugg (Argovie).

1880, XX, 19-24 septembre, *Fribourg.* Ce tremblement, fort intéressant par ses caractères très spéciaux, a été composé de huit secousses.

19	septembre.	11 h. 1′ m. *grande secousse.*
20	»	5 h. 3′ m. Rechterschwyl.
21	»	7 h. 50′ s. *grande secousse.*
22	»	1 h. 15′m. Cª 11 h. m. 5 h. 46′ s. Fribourg.
23	»	5 h. 50′ s. Fribourg.
24	»	7 h. 25′ s. Thoune.

Les grandes secousses, celles du 19 et du 21, ont atteint dans un petit district de 10 kilomètres de long, comprenant Fribourg, Bourguillon, Duin et Schmitten, l'intensité n° VII; la plupart des petites secousses n'ont été senties que dans cette aire centrale; celle du 24 septembre n'a été notée qu'à Thoune.

Quant à la grande secousse du 21, son aire d'ébranlement s'est étendue jusqu'à Thoune, Berne, Bienne, Radelfingen, Marly, Oberried, Schwarzenberg, ce qui fait une longueur de 45 kil. au plus.

Il est très intéressant de noter l'intensité considérable de ces secousses, parmi les plus fortes senties cette année en Suisse, en les mettant en regard de l'extension très restreinte de l'aire d'ébranlement. C'est évidemment un phénomène d'une autre nature que la secousse de 8 h. 30′ s. du 4 juillet, qui, sentie dans presque toute la Suisse, n'a pas dépassé l'intensité n° IV.

1880, XXI, 22 décembre, *Davos* (Grisons). Légère secousse sentie à 1 h. 45′ s. à Davos (Dörfli et Platz), et à Saint-Pierre, dans la vallée de Schanfigg.

Aire d'ébranlement, 20 kil. de longueur, intensité n° III.

De ce résumé il résulte avec évidence que, non-seulement l'appel de la commission sismologique suisse a été entendu, mais encore que les matériaux ainsi collectés ont une assez grande valeur et méritent d'être travaillés attentivement.

N'allons cependant pas trop loin, et ne surfaisons pas l'exactitude de nos documents. Il est clair que le mode d'observation étant donné, il laisse beaucoup à désirer au point de vue de la précision. Les observations positives semblent très suffisantes, et une critique attentive peut en tirer un très bon parti. Mais ce qui pèche ce sont les documents négatifs; bien souvent des secousses perçues par l'homme nous échappent, l'observation ne nous étant pas transmise; bien souvent nous comptons comme tremblement localisé en un seul point une secousse qui a été perceptible peut-être sur une aire assez étendue, mais dont paresse, insouciance ou absence d'observateur empêchent que nous en apprenions rien. Cette remarque est surtout valable pour les petits tremblements de terre de faible intensité, de faible extension; les grandes secousses éveillent assez l'intérêt du public pour que nous en entendions parler.

Cela dit, essayons de classer les 26 tremblements que nous avons catalogués dans nos treize premiers mois d'observation. Dans l'étude qui va suivre on me reprochera peut-être de m'être trop pressé, en tentant trop tôt des classifications, des généralisations ou des statistiques, quand les matériaux à notre disposition sont encore trop peu nombreux. Ma réponse est très simple. Mon intention n'est point de donner dès la première année des conclusions définitives; j'espère que chaque année, dans des rapports successifs, nous pourrons compléter, corriger et confirmer les résultats de ces premières études. Mais, en présence de l'empressement avec lequel le public suisse a répondu à notre appel, je désire montrer dès à présent quelques-unes des directions dans lesquelles on peut déjà utiliser les observations qui nous ont été envoyées; l'étude et les conclusions définitives ne viendront que plus tard, mais il est permis de tirer déjà des résultats provisoires, à condition que l'on ait soin de bien indiquer ce caractère provisoire.

Il est tout d'abord un point très frappant: c'est la différence dans la complication des tremblements de terre. Beaucoup d'entre eux, et ce sont en général les tremblements de faible intensité, ne sont composés que d'une seule secousse. Mais quand le tremblement est considérable, soit par son intensité, soit par son étendue, le plus souvent le nombre des secousses s'augmente; on peut distinguer alors des secousses *principales* ou grandes secousses, senties dans une portion plus ou moins notable de l'aire d'ébranlement, et des secousses *accessoires*, beaucoup moins étendues et beaucoup plus faibles. Parmi ces secousses accessoires il en est quelques-unes de peu authentiques, et l'avis qu'on nous en donne n'est souvent que le résultat d'illusions des sens surexcités par l'émotion

des grandes secousses ; mais l'existence de cette classe de secousses accessoires, de très faible extension, n'en est pas moins très sûre ; sur les 10 secousses accessoires du 30 décembre 1879, et sur les 19 du 4 juillet 1880 un bon nombre sont des phénomènes parfaitement réels. Il semble que les couches terrestres ébranlées par les grandes secousses subissent de petites ruptures ou déchirures locales qui causent ces secousses accessoires. Cette explication est surtout valable pour les secousses accessoires *consécutives* au grand ébranlement du sol ; pour les secousses accessoires *préparatoires,* celles qui précèdent les grandes secousses et dont il y a quelques exemples, il y aurait lieu de chercher une autre interprétation.

En général les grandes secousses vont en décroissant d'intensité, la première étant la plus forte ; exemples : 1879 VII, 1880 XIII. D'autres fois, mais plus rarement, l'intensité des secousses va en augmentant, exemple : 1880 IV.

Nous avons déjà signalé en passant la différence entre deux types de tremblements de terre. Dans l'un, l'aire d'ébranlement des secousses successives et les centres sismiques se déplacent en suivant une direction déterminée, exemples : 1879 V, 1880 VIII. Dans l'autre, l'aire d'ébranlement et le centre sismique restent localisés dans le même pays ou le même district, sans se déplacer dans les secousses successives. Exemples : 1879 VII, 1880 I. IX, XIII, XX. Il y a là évidemment des différences importantes dans la nature du phénomène.

Un autre point est à noter, c'est la différence considérable dans l'extension de l'aire d'ébranlement : parfois le tremblement est restreint à une seule localité, parfois il ébranle tout le pays.

Exprimons la chose en divisant en 5 classes les trem-

blements de terre suivant le diamètre maximal de l'aire d'ébranlement, telle qu'elle nous est connue.

Classe A. Aire d'ébranlement de moins de 5 kil. de diamètre.
» B » de 5 à 50 kil. »
» C » de 50 à 150 kil. »
» D » de 150 à 500 kil. »
» E » de 500 et plus »

J'établis dans le tableau suivant le résumé de nos 26 tremblements en donnant ainsi par une lettre l'extension de l'aire d'ébranlement, par un chiffre romain le numéro de l'intensité d'après notre échelle, en donnant enfin le nombre des secousses, que je divise en grandes secousses et en secousses accessoires.

	N°	NOM	DATE	Extension.	Intensité.	Nombre des secousses. Principales.	Accessoires.
1879	IV	Lugano........	28 novembre.	A	III	1	
	V	Savoie et Suisse.	4-5 décembre	D	V	2	8
	VI	Lostorf........	12 »	A	III	1	
	VII	Savoie et Suisse.	30 »	D	VII	3	10
	VIII	Niederaach.....	30 »	A	III	...	5
1880	I	Grisons	7 janvier...	C	V	3	
	II	Bas-Valais.....	30 »	B	IV	1	1
	III	Splügen.......	20 février...	B	IV	1	1
	IV	Oberland bernois	23 »	B	IV	1	2
	V	Albula........	12 avril.....	B	III	1	
	VI	Ilanz	26 »	A	III	1	
	VII	Tarasp........	7 mai......	A	III	1	
	VIII	Villeneuve.....	7 »	B	V	1	1
	IX	Islikon........	23 »	A	III	...	4
	X	Morges........	4 juin	A	III	1	
	XI	Schaffhouse....	9 »	A	III	1	
	XII	Genève, Nyon..	28 »	C	V	1	2
	XIII	Suisse.........	4 juillet....	D	VII	2	19
	XIV	Locle.........	9 »	A	III	1	
	XV	Bergün........	14 »	A	III	2	
	XVI	Lavaux........	20 août.....	C	III	1	
	XVII	Zermatt.......	3 septembre.	A	III	1	
	XVIII	Viége.........	8 »	A	III	1	
	XIX	Brugg	10 »	A	III	1	
	XX	Fribourg	19-24 »	B	VII	3	6
	XXI	Davos.........	22 décembre.	B	III	1	

Nous aurions ainsi :

Petits tremblements, tremblements locaux, classe A	13
Tremblements moyens, classes B et C	10
Grands tremblements, classes D et E	3

La distribution de ces tremblements est assez égale si je divise la Suisse par deux droites se croisant à angle droit à Sarnen (Unterwald) j'ai la distribution suivante :

	Petits tremblements de terre	moyens.
Région SW	3	6
» NW	3	
» NE	3	
» SE	4	4

Les petits tremblements seraient donc assez également répartis sur toute la Suisse, les moyens dans la Suisse sud occidentale et dans les Grisons.

Quant aux grands tremblements de terre, ils sont localisés comme suit :

1879, V. La Savoie, le Jura et la plaine suisse jusqu'au lac de Constance.

1879, VII. La Savoie et la Suisse occidentale.

1880, XIII. Toute la Suisse et le nord du Piémont.

Je montrerai autrement comment les tremblements ont été répartis dans notre pays. Je fais abstraction des petits tremblements de la classe A, et je vois que dans ces 13 mois, on a compté :

4 tremblements de terre à Berne, Fribourg, Lausanne et Genève.

3 tremblements de terre à Soleure, Neuchâtel et Sion.

2 tremblements à Zurich, Lucerne, Schaffhouse, Bâle, Aarau, Frauenfeld et Coire.

Un seul tremblement dans les huit autres capitales des cantons suisses Saint-Gall, Appenzell, Glaris, Altorf, Schwytz, Stanz, Zoug et Bellinzone.

Il n'y a pas eu de parties de la Suisse tout spécialement favorisées : tout au plus pourrait-on dire que dans cette année la Suisse occidentale d'une part et les Grisons d'autre part ont eu un peu plus de phénomènes sismiques que le centre de la Suisse.

Notons cependant la répétition intéressante de grands tremblements de terre, à aire fort étendue, occupant tout ou partie de la bande de pays qui traverse le Dauphiné, la Savoie et le Jura suisse, de Valence, Grenoble et Lyon, à Chambéry, Annecy, Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle. Les tremblements de terre de ce groupe sont les suivants : 1877, II, 1878, I, 1879, V et VII, 1880, XII; nous pourrons y faire rentrer encore ceux du 22 juillet et du 5 août 1881.

Quant à la distribution dans les saisons de l'année des tremblements plus ou moins étendus, voici ce que nous observons :

Trimestre	petits	moyens	grands	total
Hiver, décembre à février	2	4	2	8
Printemps, mars à mai	3	2	—	5
été, juin à août	4	2	1	7
Automne, sept. à novembre	3	1	—	4

Ainsi donc il y aurait eu cette année prédominance des tremblements en hiver et en été, calme relatif au printemps et en automne.

Si nous considérons les tremblements de terre au point de vue de leur intensité, avons-nous une répartition différente suivant les saisons ?

Trimestre	III	IV	V	VI	VII	
Hiver	2	3	2	—	1	8
Printemps	4	—	1	—	—	5
Été	5	—	1	—	1	7
Automne	3	—	—	—	1	4

Il n'y a rien de bien marqué à ce point de vue.

Quant à la répartition entre le jour et la nuit, voici ce que nous avons, en éliminant les secousses accessoires ou douteuses des grands tremblements.

Pendant le jour, soit de 6 h. m. à 6 h. s. 18 secousses.

Pendant la nuit, soit de 6 h. s. à 6 h. m. 36 secousses.

Ainsi deux fois plus de secousses pendant la nuit que pendant le jour. Cela ne tiendrait-il pas à ce que les faibles secousses, d'intensité III, sont beaucoup mieux perçues dans le calme de la nuit que pendant l'agitation de la journée? Non, car si je ne fais entrer en compte que des secousses très évidentes, d'intensité IV et au-dessus, je constate la même inégalité.

Pendant les 12 heures de	jour	6	secousses.
» »	nuit	11	»

Y a-t-il des rapports entre les tremblements de terre et les marées hypothétiques d'un noyau liquide au centre de notre globe? Pour étudier cette question nous avons deux moyens.

Le premier consiste à chercher si les tremblements de terre coïncident avec les plus fortes marées, lesquelles ont lieu aux jours où les deux astres, le soleil et la lune, combinent leur action pour soulever la nappe liquide. Cherchons les rapports de nos 26 tremblements de terre avec les époques de syzygie.

Syzygie	0	jour	2 tr.	Quadrature	8ᵉ	jour	—
	1	»	—		9	»	—
	2	»	6		10	»	2
	3	»	2		11	»	2
	4	»	1		12	»	—
	5	»	1		13	»	3
	6	»	3		14	»	3
Quadrature	7	»	1	Syzygie	0	»	2

Si je prends dans ce demi mois lunaire deux périodes de 5 jours, avant et après la syzygie et la quadrature, j'ai les chiffres relatifs suivants.

Période de syzygie (13, 14, 0, 1, 2me jours) 16 tremblements.

Période de quadrature (5me au 9me j.) 5 tremblements.

Il semblerait qu'il y ait une tendance à montrer un plus grand nombre de tremblements aux périodes de syzygie qu'à celles de quadrature; mais hâtons-nous de dire que le nombre d'observations est trop faible pour que cette statistique ait une valeur définitive.

Les marées de syzygie ne sont pas toutes également grandes. Les grandes marées, dans l'année qui nous occupe, ont été celles du 14 novembre 1879, des 26 mars, 24 avril, 20 août, 18 septembre et 4 octobre 1880, la plus forte étant celle du 20 août. A ces dates nous ne voyons pas de tremblements de terre en Suisse, à l'exception du petit tremblement de Lavaux, le 20 août 1880 et du tremblement de Fribourg, du 19 au 24 septembre qui a suivi de bien près la grande marée du 18 septembre.

Y a-t-il des rapports entre l'heure des secousses et le passage de la lune au méridien? Voici les chiffres que nous pouvons tirer de nos observations de 1879-1880. 35 secousses ont l'heure assez sûrement indiquée pour que nous puissions calculer combien de temps s'est écoulé depuis le passage au méridien. Ces secousses ont eu lieu :

de 0 à 4 h.	après le passage au méridien	3	secousses.
4 à 8	» »	3	»
8 à 12	» »	9	»
12 à 16	» »	4	»
16 à 20	» »	6	»
20 à 24 h. 52′	»	10	»

Cette statistique n'acquerra de valeur complète que lorsqu'elle portera sur un beaucoup plus grand nombre de secousses.

Y a-t-il des rapports évidents entre le beau et le mauvais temps, la hausse et la baisse du baromètre, une température plus ou moins élevée, d'une part, et les secousses de la terre? Les deux grands tremblements de de décembre 1879 ont coïncidé avec des perturbations étranges de l'atmosphère : le 5 décembre, un violent cyclone traversant la Suisse, le 30 décembre un temps chaud et humide succédant subitement à une période prolongée de froid extrême; je citerai encore le tremblement de Lavaux, 20 août 1880, qui a été observé au moment d'un orage. Mais le plus souvent le temps est parfaitement calme, ou indifférent, les éléments météorologiques sont dans leur état normal, lorsque surviennent les tremblements grands ou petits. Quand nous aurons plus de matériaux nous pourrons peut-être essayer d'étudier ces rapports par la méthode statistique, mais le premier aperçu des observations de l'année dernière ne nous promet que des résultats négatifs dans cet ordre de recherches.

Dans le résumé que j'ai donné des observations des tremblements de 1879-1880, j'ai laissé de côté deux points de vue qui ont été traités avec grande attention par M. Heim, la question de l'heure et la direction des oscillations. Je renvoie à son mémoire ceux qui désireraient plus de détails sur ces questions, et je vais me borner à les résumer à ma manière, très brièvement.

L'étude de l'heure exacte des secousses d'un tremblement de terre est très importante; l'ébranlement du sol

se propageant dans les couches terrestres avec une vitesse connue, l'heure peut fournir des notions précieuses, entre autres :

a. Elle sert à distinguer nettement les différentes secousses, à constater si un mouvement du sol perçu dans deux localités différentes appartient à une même secousse ou à plusieurs.

b. Elle sert à localiser le centre sismique, point de départ de la secousse qui s'est propagée en divergeant dans l'aire d'ébranlement.

c. Elle peut servir, dans certains cas, à distinguer l'aire dans laquelle il s'est opéré un déplacement permanent des couches, et à la séparer des régions où l'ébranlement s'est transmis comme une onde dans un milieu élastique (A. Heim).

d. Elle sert à déterminer la vitesse de propagation de l'onde sismique dans les couches de la terre.

La critique des observations recueillies en Suisse dans l'année dernière montre qu'il y a encore beaucoup à faire pour obtenir, au sujet de l'heure, des données assez précises. Il semble même que le réglage des horloges des villes, chemins de fer et stations télégraphiques, laisse trop à désirer au point de vue de l'exactitude. Nous croyons cependant reconnaître dans les observations successives qui nous sont envoyées un progrès et une amélioration dans la détermination de l'heure, résultat évidemment de l'habitude et de l'attention dans l'art d'observer.

Quand à la direction des secousses, le professeur Heim l'a étudiée avec grande attention, et pour chaque tremblement, même pour chaque secousse, il arrive à reconnaître que c'est un tremblement longitudinal, parallèle à

la chaîne des Alpes, ou transversal, coupant cette chaîne en travers. Je renvoie au travail de Heim ceux que ce sujet intéresse spécialement. Je me bornerai, pour mon compte, aux réflexions générales que voici.

Tout d'abord il résulte évidemment de l'étude des observations, que l'on peut apprécier fort bien la direction de la secousse, soit par des impressions subjectives, l'observateur se sentant bercé dans un sens déterminé, soit par des constatations objectives des objets mobiles ayant été mis en mouvement ou déplacés. Mais il ressort aussi des documents entre nos mains que la plupart des observations sont influencées par le fait d'avoir été prises dans des maisons à façades rectangulaires; le mouvement d'oscillation est modifié par la direction des façades; les mouvements obliques à ces façades se transforment le plus souvent dans la maison en balancements perpendiculaires ou parallèles aux murailles principales du bâtiment. Dans une rue, la direction de la secousse est neuf fois sur dix indiquée comme étant ou parallèle, ou perpendiculaire à l'axe de la rue.

Cela étant, il y a lieu de tenir compte de ce fait lorsque l'on veut apprécier la direction d'une secousse dans un district ou un pays; il faut prendre une moyenne intelligente des diverses observations légèrement divergentes qui sont recueillies dans des maisons de diverses orientations. Quelques observations échappent à ces inconvénients; faites dans des bâtiments circulaires, ou en plein air, elles ont à ce point de vue une grande valeur.

Quoi qu'il en soit, il semble résulter des observations jusqu'à présent collectées que les diverses secousses se comportent, au point de vue de la direction, fort différemment les unes des autres.

Dans les unes, la direction du mouvement va en divergeant à partir du centre sismique; il marche centrifugalement dans tous les sens; je citerai comme exemple le tremblement du 30 décembre 1879.

Dans les autres, il semble que toute la masse du pays se soit déplacée parallèlement à elle-même, en subissant un ébranlement dont la direction est uniforme. M. Heim trouve ce caractère à la secousse de 2 h. 31′ soir, du 5 décembre 1879, et à celles du 4 juillet 1880.

Dans d'autres, l'ébranlement se propage, d'une part dans la direction principale du tremblement, d'une autre part perpendiculairement à cet axe. Ainsi, d'après Heim, le tremblement du 7 janvier 1880 qui, dans son ensemble, est transversal à la grande chaîne des Alpes grisonnes, et qui a été coupé par deux lignes longitudinales d'ébranlement parallèle à la chaîne.

Dans d'autres cas enfin, il semble que le sol tout entier vibre et fait vibrer les objets mobiles dans toutes les directions possibles. Quand nous étudierons le tremblement du 22 juillet 1881, nous verrons que dans le même district, dans la même ville, dans la même rue, la secousse a été observée par les uns être verticale, par les autres, être horizontale; que cette secousse horizontale va par places suivant la direction du méridien, ailleurs obliquement ou perpendiculairement à ce méridien. Il semble que les objets mobiles sont sur la terre comme des grains de poussière sur une plaque vibrante.

Un fait qui se relie probablement avec cette irrégularité dans la direction des secousses, c'est l'inégalité dans l'intensité du mouvement. Tandis que dans certains tremblements de terre l'ébranlement est partout très égal et semble se propager très uniformément autour du cen-

tre sismique, dans d'autres cas il règne la plus grande différence d'intensité entre des localités fort rapprochées dans l'aire d'ébranlement ; dans deux villages voisins, dans deux quartiers de la même ville, cette différence devient parfois saisissante : ici, personne ne sent la secousse, là, tout le monde est mis en émoi. Nous voyons varier de 2 à 3 degrés de notre échelle d'intensité, la même secousse dans la même région de l'aire sismique. Il semble qu'il y ait dans ces cas des nœuds de vibration où le sol est en repos, et des ventres de vibration où le sol est au maximum de mouvement.

Le nombre des oscillations varie lui aussi, soit avec la secousse, soit avec la localité où l'observation est faite. Certaines secousses ne sont formées que par un choc, d'autres présentent pour tous les observateurs le caractère de l'oscillation répétée. Dans ce dernier cas, le nombre des oscillations perçues varie suivant la localité, suivant même, peut-être, la maison, où le phénomène est constaté. Ainsi, dans la grande secousse du 30 décembre 1879, tandis que la plupart des documents ne parlent que de 2 ou 3, ou 5 oscillations, un observateur très exact en a compté à Genève 10 à 15, chacune d'une seconde de durée.

Nous recommandons tout particulièrement à ceux qui s'intéressent à ces études les questions de l'heure, de la direction, de l'intensité des secousses, et du nombre des oscillations ; et nous terminons ce résumé d'une première année d'observations en demandant au public, qui a si bien accueilli les appels de la commission sismologique suisse, de bien vouloir nous continuer le même intérêt sympathique et la communication d'observations toujours plus

nombreuses, toujours plus exactes et toujours plus détaillées [1].

[1] Je rappelle ici les noms des naturalistes qui sont chargés de recueillir les observations :

Genève, Savoie, Gex, M. *Ch. Soret*, professeur à Genève.

Vaud, M. *F.-A. Forel*, professeur à Morges.

Valais, M. *Antoine de Torrenté*, inspecteur général des forêts à Sion.

Neuchâtel, M. *A. Jaccard*, professeur au Locle.

Berne et Fribourg, M. *A. Forster*, professeur à Berne.

Bâle, Soleure et Argovie, M. *Hagenbach-Bischoff*, Bâle.

Saint-Gall, Appenzell, Glaris, Uri, Zurich, M. *A. Heim*, professeur à Zurich.

Schaffhouse, le Höhgau et la Forêt-Noire, M. *J. Amsler-Laffon*, professeur à Schaffhouse.

Thurgovie, M. le professeur *Hess*, à Frauenfeld.

Lucerne, Zoug, Schwitz, Unterwald et Tessin, M. *R. Billwiller*, directeur à Zurich.

Grisons, M. le professeur *Brügger*, à Coire.

LES TREMBLEMENTS DE TERRE A CHIO
en 1881

PAR

M. Lucien-A. ARLAUD [1].

L'île de Chio, située à l'ouest de la presqu'île de Cara-Bournou dont elle est séparée par le canal de Chio, est traversée dans presque toute sa longueur par une chaîne de montagnes dont la direction générale est nord-sud. La hauteur moyenne en est de 4 à 500 mètres. Les deux massifs principaux sont celui du Mont-Élias (1300^m.) au nord et celui du centre dont un des pics mesure 1000^m, et un autre, le Mont-Provato, 900^m. Au village de Tholopotami la chaîne, dont les dernières ramifications s'étendent vers le sud jusqu'à la mer, fait un angle droit et court presque directement vers l'est, séparant les villages du pays à « mastic » de ceux du Campos, et se prolonge à travers le canal vers le village de Kato-Panaya sur la côte opposée. Les sondages de la marine britannique, d'après la carte ci-jointe (pl. V), permettent de la suivre facilement. Vers le milieu du canal se trouvent deux petites îles, points culminants de cette chaîne sous-marine. Sur l'une de ces îles, appelée Paspargo, s'élève le phare qui indique l'entrée sud du canal.

[1] Le manuscrit de ce mémoire a été envoyé à la Commission sismologique suisse qui nous a autorisé à le publier. (*Réd.*)

Les montagnes de Chio sont généralement dénudées et le système fluvial n'est représenté que par des torrents dont les lits servent de voies de communication pendant la saison sèche. La nature des terrains est calcaire. L'antimoine s'y trouve à l'état de sulfure non argentifère près de Keramos, au nord. Le terrain ferrugineux s'y rencontre ainsi que des pyrites cuivreuses. Près du village de Nénita on a découvert une couche de charbon fossile qui s'étend assez loin dans la mer. Les sources thermales ne sont pas rares. Les plus connues se trouvent au sud de la ville dans les environs du Cap Sainte-Hélène près duquel on peut voir, dit-on, une Grotte du chien dans le genre de celle de Naples.

Je regrette vivement de ne pouvoir donner des informations plus précises et plus complètes, surtout au point de vue géologique qui n'est pas, malheureusement, de ma compétence. Pour simplifier mon rapport et le rendre aussi plus clair, j'ai cru devoir le diviser en trois parties : avant, pendant, et après les secousses.

I. Des divers phénomènes ayant précédé la série des tremblements de terre qui ont bouleversé l'île de Chio, le plus important est, sans contredit, l'arrêt soudain et complet des éruptions volcaniques dans la petite île de Nisyros, située au sud de l'île de Cos. Un mois environ avant la catastrophe du 3 avril, un ingénieur français qui se trouvait à Nisyros remarqua que les vapeurs qui d'ordinaire s'échappaient des cratères autour desquels se trouve le soufre dont il est fait un commerce assez considérable, avaient complètement disparu. Il s'aventura dans l'un des cratères et constata l'absence totale d'émanations quelconques. Jusqu'à ce jour les éruptions n'ont pas recommencé

que je sache. La position de Nisyros sur une ligne presque droite partant du district dévasté de Chio, passant par les îles Furni, Lipso, Leros, Kalymnos, dans la longueur des montagnes de ces îles, et sautant par-dessus Cos, pour aboutir à Rhodes, en traversant Nisyros, Tilo et Charki, est digne de remarque.

Revenant à Chio, notons la frayeur d'un Turc qui, couchant à la belle étoile quelques jours avant la catastrophe, entendit des bruits souterrains et courut annoncer au gouverneur que les chrétiens creusaient une mine dans l'intention d'exterminer les vrais croyants. Le gouverneur et son entourage ne firent qu'en rire. Mais un fait plus important aurait dû éveiller les soupçons ou au moins la curiosité des habitants les plus instruits. Ce fait est le suivant : Vers le milieu du mois de mars, un moine grec, vivant en ermite dans une grotte de la montagne, se mit à parcourir la ville et la campagne, annonçant la destruction prochaine de l'île, dont il avait été averti par des bruits souterrains qu'il entendait dans sa grotte depuis quelque temps, et exhortant le peuple à la repentance. Le pauvre moine, jeté en prison par ceux mêmes qu'il avait avertis, ne doit actuellement sa liberté qu'à l'intervention de l'archevêque de Smyrne.

Passant maintenant à l'état de l'atmosphère, qui ne changea presque pas depuis les derniers jours de mars jusque vers le milieu de mai, il est à remarquer que les vapeurs denses dont le ciel était chargé, et que les rayons du soleil perçaient à peine, étaient beaucoup plus épaisses du côté de Chio (vues de Smyrne). Cet état particulier de l'atmosphère s'est reproduit si souvent depuis quelque temps à la veille d'une secousse, que nous disons maintenant que le temps est au trem-

blement de terre quand il fait lourd, comme nous dirions que le temps est à la pluie s'il est couvert. Me trouvant au village de Calimassia, le 24 août dernier, et le temps étant en tous points semblable à celui d'avril, j'en fis la remarque, prévoyant un tremblement de terre. Je ne me trompai point, car vers 3 heures du matin, le 25, nous fûmes réveillés par une forte secousse; à 4 h. de l'après-midi, nous en ressentîmes une moins forte, et le 26, à 7 h. 45 du soir, la terre fut ébranlée presque aussi violemment que le 3 avril, finissant ou à peu près l'œuvre de destruction commencée ce jour-là. Notons pourtant que la violente secousse qui jeta la population de Smyrne dans la consternation le 29 juillet 1880, et dont le centre se trouvait aux environs du village de Ménénien, au nord de Smyrne, se fit par un temps très clair. Cette secousse, comme celle du 3 avril à Chio, fut la première de toute une série. Remarquons encore que chaque secousse a presque toujours été précédée d'un calme complet, troublé seulement par les braîments désespérés des ânes, qui sont, il paraîtrait, plus sensibles aux tremblements de terre que les autres animaux. Les chiens hurlent ou aboient au moment de la secousse ou quelques secondes avant, tandis que les ânes se font entendre bien plus tôt. Revenant au calme de l'atmosphère, j'ajouterai avoir souvent remarqué que si le vent soufflait, il cessait tout d'un coup, quelquefois une heure avant, pour reprendre quelque temps après la commotion.

II. Les secousses les plus violentes furent celles du 3 avril à 1 h. 50 m. P. M., première de la série, du 11 avril à 7 h. P. M., et du 26 août à 7 h. 45 m. P. M. Les informations obtenues au sujet de la première secousse

sont tellement contradictoires qu'il est difficile d'être fixé sur ce point. Cependant il m'a été le plus souvent raconté que le choc principal fut précédé de quelques instants par une secousse moins forte, le prélude, pour ainsi dire, de la terrible commotion qui fut annoncée par une détonation sourde dans la direction du Sud. Quelques-uns prétendent n'avoir ressenti qu'une seule secousse violente sans entendre de détonation. Au dire de l'ingénieur du gouvernement, l'amplitude des oscillations qui suivirent et qui durèrent dix secondes, fut de 15° environ. Je me suis trouvé sur les lieux le 5 avril. Les secousses étaient encore fréquentes et assez violentes pour renverser des pans de mur dont la chute s'entendait distinctement. Ces secousses, précédées presque invariablement d'un bruit sourd comme la détonation lointaine d'un canon de gros calibre tiré dans le S.-S.-E., commençaient, d'après l'impression qui m'en reste, par une poussée de bas en haut, le sol tremblait ensuite comme une chaudière en ébullition, et le phénomène se terminait par des ondulations comme des vagues venant du Sud. J'ai remarqué que, quelquefois, la détonation n'était suivie que par un choc insignifiant. Depuis le 3 avril jusqu'au 7, on a compté 250 secousses, dont 30 à 40 très fortes. Le 11, vers 7 heures du soir, la malheureuse île fut de nouveau ébranlée par trois secousses successives dont l'intensité fut telle que la population affolée se précipita en masse vers les navires. Les chocs se succédèrent ainsi tantôt forts, tantôt faibles, avec ou sans détonation, jusqu'au commencement de juin. Il est regrettable que personne n'ait songé à prendre note de toutes ces secousses, ce qui aurait permis de suivre pas à pas l'apaisement des forces souterraines avec des retours subits de violence. Cet apaisement s'ac-

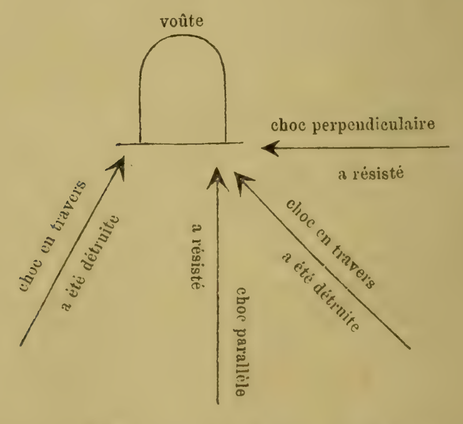
centua pendant les mois de juin et de juillet, et aucune secousse bien sensible ne vint ébranler le sol du 1er au 24 août. Le 25, à 3 h. du matin, nouvelle commotion. Je me trouvais à Calimassia, et la direction des oscillations était franchement est-ouest. Une deuxième secousse, moins forte, et de la direction de laquelle je n'ai pu me rendre un compte exact (est-ouest aussi, *il me semble*), se fit sentir vers 4 h. de l'après-midi. Enfin, le 26, à 7 h. 45 m. du soir, un choc violent, précédé d'une détonation souterraine, fut suivi d'oscillations allant de l'est à l'ouest (à Calimassia). Le président du Comité de secours se trouvait en canot près de la ville au moment de ce dernier tremblement de terre. Il entendit distinctement le bruit des maisons et des murailles s'écroulant successivement. Il put ainsi se rendre compte de la direction des oscillations qui venaient du sud et allaient vers le nord. La détonation qui précéda lui parut venir du S.-S.-E. M. l'ingénieur Görkiewicz, au village de Cataracti, remarqua que le bruit souterrain se fit dans le nord-est et que la direction des ondulations était N.-E.—S.-O. D'autres personnes m'ont aussi donné des informations qui concordent avec les précédentes. Pour terminer cette seconde partie de mon rapport, j'ajouterai que le direction de quelques-unes des secousses était S.-O.—N.-E. dans la ville et à Calimassia, O.-E. à Cataracti, et N.-O.—S.-E. à Nénita. Dans tous les cas où il y a eu détonation, elle a précédé la commotion de une à deux secondes.

III. Le tableau suivant permettra de se faire une idée de l'intensité de la secousse du 3 avril, dans la ville et les différents villages ; abstraction faite, toutefois, des causes qui peuvent en avoir modifié les effets.

	Morts et blessés grièvement.		Nombre de maisons.	Nombre de maisons détruites ou inhabitables.
Ville de Castro et faubourgs (Livadia-Campos)	5 % de la population.		3630	3055
Skariès (au nord de la ville)	10 %	»	150	120
Anavato (à l'ouest de la ville)	10 %	»	80	70
Avgonima (à l'ouest de la ville)	12 %	»	85	65
Villages du Campos :				
Daphnona	24 %	»	(?) 140	120
Ververato	35 %	»	(???) 160	140
Kalkios	5 %	»	220	50
Vassilioniko	10 %	»	200	170
Zifia	30 %	»	(?) 65	60
Vavilos	21 %	»	220	toutes
Thymiana	16 %	»	375	325
Néochori	16 %	»	320	toutes
Villages du Pays à Mastic :				
Calimassia	30 %	»	365	toutes
Tholopotami	27 %	»	200	toutes
Merminghi	20 %	»	100	toutes
Didima	26 %	»	145	toutes
Cataracti	17 %	»	150	toutes
Païdha	11 %	»	35	25
Kini	36 %	»	100	toutes
Nénita	24 %	»	350	330
Flatsia	21 %	»	60	toutes
Vouno	12 %	»	140	60
Patrika	3 %	»	65	40
Calamoti	5 ½ %	»	270	toutes(?)
Armolia	9 %	»	120	105
Sur la côte opposée :				
Kato-Panaya	inconnu	»	inconnu	toutes
Chesmé	point	»	»	un tiers

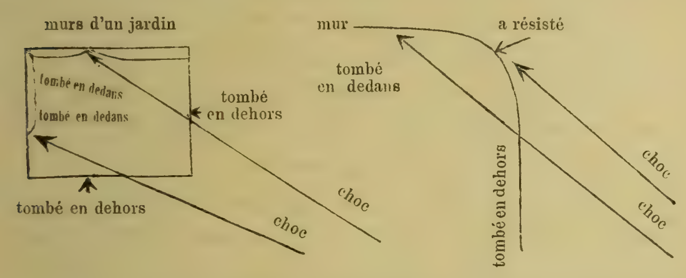
Les autres villages ont peu ou point souffert. Quelques-uns de ces chiffres sont sujets à caution, aucun rapport officiel définitif n'ayant été publié par le Comité de secours jusqu'à ce jour.

Toutes les habitations sont construites en pierre de taille, à l'exception de quelques constructions nouvelles en pisé qui ont mieux résisté. Dans le Campos et les villages, on rencontre des constructions massives ressemblant à des châteaux-forts et datant de la domination génoise. Les Chiotes, depuis ce temps-là, ont continué à bâtir d'après le même système; de là, l'étendue de la catastrophe plus grande encore dans les villages par l'entassement des maisons et l'étroitesse des rues. Il est assez commun de voir les murs extérieurs des habitations en bon état ou encore debout, tandis que l'intérieur s'est complètement effondré, comme si les murailles s'étaient écartées au moment de la secousse. A Calimassia, j'ai remarqué que, presque invariablement, les fentes des murailles orientées N.-S. ou à peu près ont leur angle ouvert vers le sud, tandis que pour les murs orientés E.-O., l'ouverture de l'angle regarde l'ouest et quelquefois l'est. Les fentes sont toutes plus larges à la base et font un

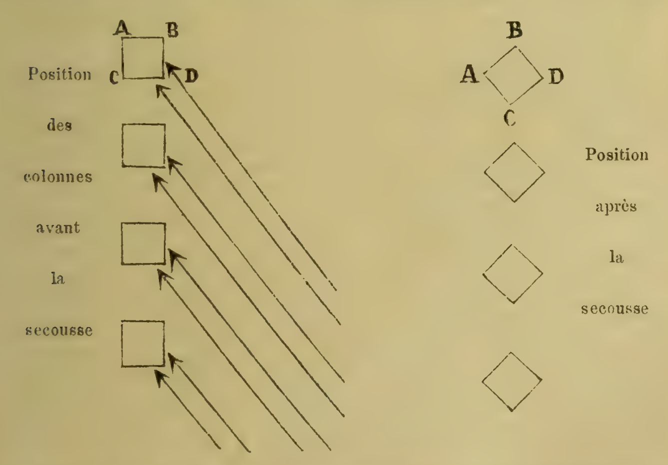


angle d'environ 45° avec le sol. Sur un même mur, elles sont toujours parallèles. M. Görkiewicz a particulièrement examiné les voûtes, et il a remarqué, ainsi que moi, que

celles frappées perpendiculairement ou parallèlement avaient parfaitement résisté, les murs fermant l'arche de la voûte s'étant parfois fendillés; par contre, les voûtes prises en travers par le choc ont été détruites. Les murs des jardins, entre lesquels serpentent les chemins et, par conséquent faciles à observer, sont invariablement tombés du côté où le choc est arrivé, concordant ainsi avec les informations déjà données sur la direction des secousses.



Dans une maison orientée à peu près N.-S., des colonnes solidement retenues à leurs piédestaux et à la toiture par



des tiges en fer, et recevant le choc du S.-E., ont tourné sur elles-mêmes, décrivant un arc de cercle d'environ 45° vers la droite:

Des clochers élevés, légèrement construits sur colonnettes, sont intacts. Dans la ville, l'un supporte à son extrémité une statue qui est encore en place. Les clochers et les minarets en maçonnerie pleine ont subi le sort commun, et la partie supérieure au moins n'existe plus. Une maison n'a d'autre dommage qu'une clef de voûte tordue et brisée.

Quant aux effets d'après la nature du terrain, il est à observer que Kalkios, sur une éminence rocheuse dans la plaine du Campos, a beaucoup moins souffert que les villages environnants. A Lithi, dont les maisons sont construites en partie dans les champs et en partie sur une élévation rocheuse, même remarque pour les constructions sur le roc, qui ont mieux tenu que les autres. La couche d'alluvions semble être très mince dans la partie est et sud-est de l'île que j'ai parcourue.

Notons enfin l'absence d'émission de gaz, de fumées ou d'odeurs singulières; de sources quelconques ayant jailli des fissures du sol qui ont été insignifiantes; et de ras de marée, avant, pendant, ou après les secousses qui ont été ressenties à bord des navires moins violemment qu'à terre.

Pour résumer, il paraîtrait que le centre de ce tremblement de terre, qui a commencé le 3 avril et qui dure encore, se trouve quelque part aux environs du phare de Paspargo. Ce phare, que je n'ai pu, malheureusement, aller visiter, est resté intact, *m'a-t-on dit*. Serait-ce à cause de son peu d'élévation, sa construction légère et solide et sa position sur un rocher? Un second centre existerait-il peut-être près du village de Didima?

Smyrne, 18 octobre 1881.

LES
TREMBLEMENTS DE TERRE DANS L'ASIE MINEURE

PAR

M. Van LENNEP,
Consul de Suède et Norwége à Smyrne.

Observations générales[1].

Aussitôt que je pus me rendre compte des théories les plus accréditées concernant la formation de l'écorce terrestre, je ne cessai d'attribuer les mouvements du sol aux mêmes causes qui sont développées dans la Notice rédigée par M. le prof. Albert Heim, qui se trouve en ce moment sous mes yeux ; toutefois j'ai cru devoir attribuer à une sorte de décharge électrique, certains chocs isolés, sans nul tremblement ni mouvement ondulatoire.

M'étant, du reste, borné à observer ces phénomènes sans en faire une étude régulière, je dois aussi me borner ici à ne citer que les faits qui m'ont le plus frappé.

Les tremblements de terre dans cette partie de l'Asie, sont plus fréquents aux approches de la Pâque, par vents du sud et temps lourd ; c'est pourquoi nous disons souvent : Voilà un temps d'orage ou de tremblement de terre. On peut aussi s'attendre à un choc isolé, après une longue sécheresse ou une continuité de pluie.

[1] Le manuscrit de ce mémoire a été envoyé à la Commission sismologique suisse qui nous a autorisé à le publier. (*Réd.*)

D'ordinaire, sauf de petites secousses préparatoires, les premiers chocs d'une série sont les plus violents, avec renouvellement après vingt-quatre heures ; ce dernier point est bon à noter.

Le premier tremblement que j'aie ressenti, encore enfant, fut précédé d'un bruit semblable au roulement très rapide d'une *brouette en fer;* — quarante années plus tard, et quoique dans l'intervalle j'eusse ressenti des secousses nombreuses et variées, me trouvant en pleine campagne, toujours dans la province de Smyrne, ce même bruit, celui d'une *brouette en fer*, attira mon attention et réveilla mes souvenirs; il ne dura que trois secondes pendant lesquelles je m'imaginai que la brouette avait traversé tout le bassin qui longe le versant *ouest* de la chaîne du Tmolus que j'avais en face de moi (environ 25 milles anglais), courant du sud au nord.

Dans l'un et l'autre cas, le tremblement eut lieu *après* que le bruit eut cessé de se faire entendre.

Ce dernier tremblement de terre fut, si je ne me trompe, celui qui bouleversa le sol de la côte, vis-à-vis de Rhodes. Les couches géologiques plongent à des angles plus ou moins prononcés du sud au nord à partir de cette côte, c'est-à-dire dans la direction de Smyrne.

L'intensité des secousses varie selon la nature du sol et ses effets selon les matériaux qui sont secoués. Par exemple :

Un grand bâtiment élevé sur un fond sablonneux a été moins éprouvé que d'autres plus petits, mais posés sur un sol ferme ou un remblais.

Une maison bâtie sur concrète presque à l'état de roche, a bien résisté.

Les bâtisses en pisé maintenues aux angles par de

fortes traverses bien jointes, résistent mieux que les murs en pierres ou en briques.

Les animaux domestiques prévoient certains tremblements de terre, les uns par des mouvements d'inquiétude, les autres par des hurlements.

La série de secousses qui a pris le nom de tremblements de terre de Chio, a commencé le 3 avril dernier et encore aujourd'hui, quoiqu'à de longs intervalles, le sol ne paraît pas être complètement rassis.

L'île de Chio, notamment dans ses parties *sud* et *est*, en a été violemment secouée et partiellement bouleversée, tandis que sur la terre ferme en regard de cette île, la région montagneuse de Carabournou (N.-E.) et plus loin la ville de Smyrne (E.-N.-E.) furent peu éprouvées, tandis que la côte crayeuse où se trouvent Chestmé, Catopanaja et Alazata, fut fortement ébranlée, et plus loin, la contrée que j'habite (E.-S.-E.) a été plus secouée que Smyrne.

Le foyer du fléau me paraît toutefois devoir être recherché, entre l'île de Chio et une région à roches ignées, où les eaux thermales abondent et qui en est séparée par la côte crayeuse déjà citée, laquelle aura probablement dû son immunité comparative à l'élasticité de sa formation.

La contrée dont je parle est presque déserte; on y trouve les ruines de l'ancienne *Theos* et celles de *Lebedos*, le *Spa* des artistes de notre ancien monde, toutes deux jadis bouleversées par des tremblements de terre; ceci est toutefois une théorie personnelle, car je n'ai pas récemment visité ces lieux et n'ai pu recueillir que des données très vagues sur les effets visibles des derniers tremblements de terre dans cette région.

Les observations ci-après pourraient avoir leur utilité :

Depuis le 28 mars, c'est-à-dire cinq à six jours avant l'ouverture de la série, le ciel se chargeait de vapeurs sèches, principalement au-dessus de la région du foyer; l'anéroïde se tenait résolument sous « variable, » sans changements très marqués. La pluie qui semblait devoir tomber à toute heure, ne réussit à se faire, après plusieurs tentatives avortées, que vers la mi-mai, époque peu usuelle ici, c'est-à-dire lorsque les secousses commencèrent à être peu perceptibles, lorsque les forces qui étaient en action se furent apaisées; pendant toute cette période, les courants aériens venant du nord refoulaient les vapeurs qui planaient sur la région ; mais leur disparition n'était pas durable, tout au plus du jour au lendemain.

Finalement la maturité des grains ensemencés avant ou durant l'hiver a été de six jours plus précoce que d'ordinaire, en dépit même des pluies abondantes de la mi-mai.

Malcagik, ce 10 juin 1881, 20 milles
anglais au sud de Smyrne.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

E. Edlund. Sur la résistance électrique du vide. (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Suède*, tome XIX, n° 2.)

Les nombreux auteurs qui se sont occupés de la propagation de l'électricité dans les gaz très raréfiés ont admis à peu près sans contestation que le vide parfait est absolument isolant de l'électricité. Cette opinion jusqu'ici universellement adoptée trouve aujourd'hui en M. Edlund un contradicteur. Reprenant et discutant les expériences variées par lesquelles la non-conductibilité du vide a été établie, il n'y trouve aucune preuve que l'obstacle au passage de l'électricité se trouve dans l'espace vide ou rempli par un gaz très raréfié, mais il place cet obstacle au passage du vide à l'électrode métallique. Il invoque en particulier à l'appui de sa thèse la résistance spéciale que M. Hittorff[1] a reconnue à la sortie de l'électrode négative et que MM. de la Rive et Sarasin[2] avaient aussi également signalée dans leurs recherches relatives à l'action du magnétisme sur la décharge électrique dans les gaz raréfiés.

Nous ne pouvons mieux faire du reste que de citer ici le paragraphe final du mémoire de M. Edlund qui expose complètement la nouvelle interprétation à laquelle le savant suédois est arrivé.

« Il a donc été prouvé, par des observations directes, que

[1] *Pogg. Ann.*, t. CXXXVI, pp. 1 et 197; *Pogg. Ann.*, Jubelband, p. 430.

[2] *Pogg. Ann.*, Jubelband, p. 469; *Archives*, 1874, t. L, p. 48.

la résistance proprement dite dans le gaz raréfié, ou r_1, diminue constamment avec la pression du gaz jusqu'à ce que cette pression soit descendue à une fraction insignifiante d'un millimètre, et que, pendant ce temps, r, qui représente la résistance subie par le courant à son passage du gaz à l'électrode solide, augmente incessamment de valeur. Maintenant, la question se pose comme suit : le fait connu que le courant est incapable de traverser le vide de Torricelli, dépend-il de ce que r_1 après avoir incessamment diminué simultanément avec la pression du gaz, prend subitement une très grande valeur, quand on éloigne les dernières molécules de gaz? ou est-il plus probable que la résistance r sur les électrodes continue à augmenter? Ou, en d'autres termes, quelle est celle de ces deux grandeurs qui augmente quand le gaz très raréfié passe au vide absolu? Sans nul doute, l'hypothèse correcte est que r continue à augmenter avec la continuation de la raréfaction, et reçoit, en le faisant, une augmentation si grande, que le courant ne peut circuler. C'est aussi seulement de cette manière qu'il est possible d'expliquer le fait que l'on peut, sans électrodes, provoquer par influence un courant dans un vide privé de gaz, tandis qu'il est impossible qu'un courant y passe entre des électrodes. Les observations relatées ci-dessus conduisent donc, selon nous, au résultat remarquable que *le vide est un conducteur de l'électricité.*

« Cela fait disparaître en même temps la difficulté d'expliquer comment un corps céleste peut exercer une action électrique sur l'autre, comme c'est p. ex. le cas entre le soleil et la terre. Les corps célestes se trouvent de la sorte dans une sphère d'action mutuelle, non seulement par la gravitation générale et par le rayonnement de la lumière et de la chaleur, mais encore par la force électrique. Si le vide est un bon conducteur de l'électricité, un mouvement électrique naissant ou disparaissant sur un corps céleste, excitera forcément, par induction dans le vide, un mouvement électrique qui pourra se propager à une distance quelconque dans ce bon conducteur, et provoquer à son tour des phénomènes électriques sur un autre corps céleste. La contradic-

tion que l'on a cru trouver avec la nature électrique de l'aurore boréale dans la hauteur parfois très grande de ce phénomène au-dessus de la surface terrestre, perd par là toute son importance. En dernier lieu il faudra abandonner l'idée que la présence de la matière ordinaire est nécessaire pour qu'un courant électrique puisse se propager d'un endroit à l'autre. Si l'on convient qu'il est possible à un mouvement électrique de se propager avec la plus grande facilité dans le vide, la notion de *conductibilité* se trouvera privée de toute signification physique. Les divers corps matériels produisent seulement une *résistance* plus ou moins grande à la propagation de l'électricité. Leur effet à cet égard n'est pas *actif*, mais *passif*. »

Dr A. Mousson, professeur à l'école polytechnique fédérale. Die physik auf Grundlage der Erfahrung. La physique basée sur l'expérience. 3me vol., 1re livraison.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de la nouvelle édition que M. Mousson publie actuellement de son traité de physique. Le nouveau volume qui vient de paraître, contenant le magnétisme et l'électricité statique, ne le cède en rien aux volumes précédents. Facile à consulter grâce à la disposition éminemment commode adoptée par l'auteur, ce traité contient une multitude de faits, de chiffres et surtout d'indications bibliographiques que l'on trouverait difficilement réunies ailleurs et qui en font un répertoire très complet de l'état actuel de la science.

CHIMIE.

E. Schulze et Barbieri. Allantoïne végétale. (*Berichte*, 14, p. 1602. Zurich.)

En traitant de jeunes pousses de platane par l'eau, ces chimistes ont obtenu de l'allantoïne en quantité assez considérable (1 %). Ils se sont assuré que leur substance était identique avec l'allantoïne animale.

V. Meyer et E.-J. Constam. Acide éthylazaurolique. (*Berichte*, 14, p. 1455. Zurich.)

En traitant l'acide éthylnitrolique par l'amalgame de sodium, on obtient un nouvel acide de la formule $C_2H_4N_2O$, dont la constitution est probablement

$$\begin{matrix} CH_3 \\ NO \end{matrix} \Big\rangle CH - N_2 - CH \Big\langle \begin{matrix} HC_3 \\ NO \end{matrix};$$

on doit donc le considérer comme un produit de substitution nitrosé de l'azoéthane.

Fl. Stœckly. Quelques produits de décomposition de la matière cérébrale. (*Journ. p. Chem.*, 24, p. 17. Berne.)

Nencki ayant remarqué que de la cervelle, en se putréfiant en présence d'eau, donne naissance surtout à du skatol, contrairement à d'autres substances albuminoïdes qui fournissent principalement de l'indol, Stöckly a recherché les autres produits de cette décomposition. De la cervelle de bœuf, digérée avec 6 fois son poids d'eau, 8 jours à 40°, fut ensuite acidifiée avec de l'acide acétique, puis on distilla. Le produit neutralisé fut extrait par l'éther et l'auteur identifia le skatol et du parakresol à côté de traces de phénol et d'indol. Dans le résidu de la distillation, on reconnut les acides gras depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide capronique et en outre de l'acide hydrocinamique, 20 gr. dans 5 k. de cervelles. Si la décomposition n'est pas poussée aussi loin, on peut encore isoler des acides amidés, surtout de la leucine, et de l'acide succinique, ce dernier provenant probablement de la décomposition du glycogène. Stöckly a remarqué en outre qu'au bout de 3 à 5 heures de digestion, il se formait un corps réduisant sa solution cuivrée alcaline, mais cette substance se détruit bientôt. Les produits basiques de la décomposition du cerveau n'ont pas été étudiés par l'auteur; on sait que Selim y a reconnu de la triméthylamine en grande quantité.

BOTANIQUE

Monographiæ Phanerogamarum. In-8°, vol. III, 1881, avec 8 planches.

Dans ce troisième volume de monographies, faisant suite au *Prodromus*, MM. Alph. et Casimir de Candolle viennent de publier des travaux de quatre de leurs collaborateurs, MM. Caruel, Micheli, Clarke et Cogniaux : un Italien, un Suisse, un Anglais et un Belge. On voit que l'ouvrage continue d'offrir un caractère cosmopolite, c'est-à-dire scientifique, la science n'étant à vrai dire d'aucun pays.

Le premier article, celui de M. Caruel sur les Philydracées, est nécessairement très court, puisqu'il traite d'une famille de trois genres et quatre espèces seulement, mais ce sont de petites plantes assez curieuses, de l'Australie et de l'archipel indien. L'auteur les regarde comme plus voisines des Commelinacées que d'aucune autre famille de Monocotylédones. M. Marc Micheli a rédigé la monographie des Alismacées, Butomacées et Juncaginées, familles de la même classe, qui ont beaucoup d'affinité entre elles. Dans une introduction, en français, il insiste sur quelques caractères d'organogénie, en particulier sur le retournement des ovules, qui n'est pas semblable dans des genres très voisins d'Alismacées. L'auteur motive la distinction dans cette famille de neuf genres, dont deux nouveaux, *Wiesneria* et *Burnatia*. Le texte descriptif, en latin, donne tous les détails désirables sur les espèces et sur les variétés ou variations, très bizarres dans quelques-unes de ces plantes aquatiques. M. C.-B. Clarke n'en était pas à ses débuts pour la famille des Commelinacées, qui présente d'assez grandes difficultés. Lors de sa résidence à Calcutta, comme directeur du jardin botanique, il avait étudié sur le vivant plusieurs espèces et avait publié un volume in-folio de planches sur celles d'Asie. Il était donc bien préparé pour un travail complet sur la famille, auquel nous ne doutons pas que les botanistes ne fassent un bon accueil. Le nombre des espèces est de 307, dispersées à peu près également dans les pays chauds. Celles qui existent dans l'ancien et le nouveau monde, simultanément, sont au nombre seulement de trois.

Les 26 genres admis répondent à peu près à ceux de Kunth. Plusieurs de ceux de Hasskarl sont indiqués comme sections du genre Commelina. Ces caractères de tribus et de genres ou sections sont tirés surtout des capsules et des ovules. Ils sont expliqués, indépendamment du texte, par les planches, où se trouvent plusieurs analyses.

Les Cucurbitacées, par M. Cogniaux, forment plus de la moitié du volume. Cette famille avait grand besoin d'une revision, car l'ancien travail de Seringe, dans le *Prodromus*, bon pour son temps, n'a qu'une valeur historique depuis que le nombre des espèces a sextuplé. Celui de M. Naudin, très important au point de vue physiologique, n'est pas complet sous d'autres rapports, et les articles divers de M. Cogniaux sur des espèces nouvelles et sur celles du Brésil sont trop dispersés pour être faciles à consulter. La coordination générale, faite par M. Cogniaux lui-même, sera donc très utile, d'autant plus qu'elle est parfaitement claire pour l'ensemble et les détails. La famille compte huit tribus, 79 genres et 600 espèces. Ces groupes sont bien limités, et comme indice qu'ils sont naturels, on peut remarquer leur cantonnement géographique. Non seulement la plupart des espèces ont une aire restreinte, mais encore il n'y a pas un genre sur dix qui se trouve à la fois dans l'ancien et le nouveau monde. C'est une probabilité que les distinctions basées sur les caractères concordent avec les antécédents d'évolution.

Le volume se termine par un index des numéros de collections cités dans l'ouvrage, qui facilitera beaucoup les arrangements dans les herbiers, et par un index des espèces. Au point de vue de l'ensemble, nous ferons remarquer l'attention de tous les auteurs à donner des *conspectus* très clairs des genres et des espèces et nous devons ajouter, — ce qui est important, — qu'ils n'ont négligé ni les uns ni les autres de consulter plusieurs des grandes collections européennes. Ils se sont déplacés pour voir les herbiers de Kew, Paris, Genève, etc., et souvent on leur a communiqué les échantillons d'autres herbiers, qu'ils indiquent dans les descriptions. Leurs travaux sont supérieurs par cela même à ceux qui se publient sur les plantes contenues dans tel ou tel herbier, fût-il le plus riche qui existe. Ce ne sont pas des

mémoires, mais de véritables monographies aussi complètes qu'on peut les obtenir actuellement.

SERENO WATSON. BOTANY OF CALIFORNIA. FLORE DE LA CALIFORNIE, vol. II. Cambridge, Mass., 1880.

Le volume actuel termine la flore de Californie du *Geological survey*, dont le premier volume avait paru en 1876. On voit que cette importante publication a marché régulièrement et promptement. Cela tient surtout à l'activité des botanistes américains qui s'en sont occupés, et aussi à la nature de la flore, qui n'a pas été ébauchée et mal préparée par une série d'auteurs anciens ou modernes de différents pays, comme celle du Mexique, par exemple. Au point de vue littéraire et descriptif, la flore de Californie était, pour ainsi dire, vierge. Quelques espèces seulement avaient été décrites à la suite des voyages de Menzies, Douglas, Hartweg, etc., mais par de bons botanistes, du siècle actuel, et la grande masse des plantes découvertes depuis est tombée heureusement entre les mains du Dr Asa Gray et de ses zélés collaborateurs de l'université de Harvard. Le second volume contient la fin des Phanérogames et les Cryptogames vasculaires. M. Sereno Watson a fait la plus grande partie du travail; le Dr Engelmann, les Quercus, les Conifères et les Loranthacées; M. Bebb, les Salix; M. W. Boott, les Carex; M. Thurber, les Graminées, et M. D. Eaton les Fougères, les Lycopodiacées et les Mousses.

On remarque dans toutes les parties de cette œuvre collective les bonnes méthodes et la clarté qui brillaient déjà dans le volume précédent. Les espèces sont groupées dans chaque genre, selon leurs affinités, sous de nombreuses rubriques, où des noms nouveaux de sous-genres sont évités, — précaution sage, puisque dans une flore on voit rarement la totalité des espèces d'un genre. Les subdivisions et plusieurs tableaux synoptiques facilitent les recherches. La typographie est admirable, mais le format, d'une sorte d'in-8°, grand comme un in-4°, n'est pas très commode.

Quelle proportion des plantes de Californie comprend l'ouvrage? c'est ce qu'il est difficile d'apprécier maintenant et à distance. Les collecteurs ont été assez nombreux pour

qu'on puisse supposer que les trois quarts au moins des espèces sont connues. C'est une proportion qui permettra bien de comparer la flore californienne avec d'autres de l'hémisphère boréal, comme le Dr Asa Gray et Sir Joseph Hooker l'ont fait déjà partiellement. L'intérêt sera réel, car la flore de Californie est presque insulaire, le pays étant séparé des autres à l'ouest par la mer, à l'est par un large désert, au sud et au nord par des climats très différents. Les espèces ne peuvent pas s'y être introduites depuis les derniers événements géologiques, excepté quelques-unes apportées récemment par les hommes, et il résulte de là une foule d'aperçus ou même de preuves sur d'anciennes migrations d'espèces et d'anciens climats, c'est-à-dire sur des questions générales très importantes. ALPH. DE C.

MULLER. ARGOV. RUBIACEÆ. RUBIACÉES ARGOVIENNES, *pars* I. (*Flora brasiliensis*, in-folio, fasc. 84. Lipsiæ, 1881.)

Ce cahier de l'importante publication sur la flore du Brésil comprend la moitié de la grande famille des Rubiacées. Le Dr Müller, qui a fait ses preuves comme descripteur dans le *Prodromus* et dans sa monographie des Résédacées, a déployé ici de nouveau son esprit d'ordre et sa persévérance quand il s'agit de caractères difficiles à constater. Les tribus qu'il a examinées ont dans l'ovaire un ou deux ovules, dont la position est importante. Souvent les fruits sont ligneux et les graines, fort petites, avec leur embryon, ne pouvaient être vues qu'en sciant une matière très dure, comme on le fait pour des fruits fossiles. Les principaux groupes décrits sont les Guettardeæ, Chiococceæ, Ixoræ et Psychotrieæ. C'est dire qu'il s'y rencontre des genres très nombreux en espèces brésiliennes, en particulier les Faramea (87 esp.), Rudgea (92) et Psychotria (250). L'auteur comprend dans ce dernier genre l'*Ipecacuanha*, classé ordinairement dans les Cephaelis, et qui devient pour lui le *Psychotria Ipecacuanha*, dont il publie une figure avec analyses. Le cahier renferme 66 planches, bien exécutées. Il est à désirer que la seconde partie de la famille soit traitée par notre compatriote ou, à défaut, par un autre botaniste de la même capacité.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1881.

Le 1er, brouillard une grande partie de la journée.
3, forte bise tout le jour.
4, id.
6, forte gelée blanche le matin, la première de la saison; le minimum descend aussi pour la première fois au-dessous de 0, — 1°,9.
7, gelée blanche le matin.
8, brouillard pendant quelques heures de la matinée.
10, faible gelée blanche le matin, minimum + 1°,8.
11, rosée le matin.
14, fort vent du SO. depuis 10 du matin
16, il a neigé dans la nuit sur toutes les montagnes des environs, jusqu'à la hauteur du petit Salève.
17, gelée blanche le matin, minimum + 0°,3; forte bise depuis 8 h. du matin.
18, gelée blanche le matin, minimum + 1°,7.
20, pluie torrentielle tout le jour et dans la nuit suivante, jusqu'au 21 au matin.
22, bouillard le matin, jusqu'à midi.
29, forte bise depuis 6 h. du soir, qui dure jusqu'au 31 à 10 h. soir, elle a été particulièrement forte dans la matinée du 31. Il est tombé à quelques reprises du grésil et quelques flocons de neige.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 7 à 8 h. matin	734,63
12 à 10 h. soir	729,59
16 à 9 h. soir	734,48
24 à 10 h. matin	718,78
28 à 8 h. soir	725,23

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 4 h. après midi	722,34
11 à 6 h. soir	727,14
14 à 4 h. après midi	722,69
23 à 4 h. après midi	715,68
26 à 2 h. après midi	714,54
31 à 6 h. matin	720,00

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	725,67	— 1,19	+ 9,61	— 2,80	+ 9,0	+11,2	6,96	—1,75	800	— 7	660	830	...	...	NE. 1	1,00	14,6	— 1,1	161,5
2	725,53	— 1,30	+ 9,98	— 2,26	+ 8,0	+13,2	6,85	—1,79	760	— 49	650	810	...	...	N. 1	1,00	...	.....	155,0
3	723,81	— 2,98	+ 9,34	— 2,74	+ 8,8	+11,5	6,44	—2,13	756	— 54	680	820	...	...	NNE 2	1,00	14,3	— 1,1	153,3
4	722,78	— 3,98	+ 6,87	— 5,04	+ 5,9	+ 9,3	5,84	—2,66	817	+ 5	710	960	0,8	2	NNE. 1	1,00	14,0	— 1,3	150,7
5	726,37	— 0,36	+ 6,17	— 5,57	+ 2,0	+11,2	4,68	—3,75	699	—114	410	950	...	...	SSO. 1	0,30	13,8	— 1,4	146,0
6	731,49	+ 4,80	+ 4,79	— 6,78	— 1,9	+10,6	3,73	—4,63	618	—196	270	990	...	...	NNE. 1	0,04	13,9	— 1,2	141,5
7	733,39	+ 6,74	+ 6,22	— 5,18	— 1,0	+11,5	5,08	—3,20	709	—106	560	950	...	...	N. 1	0,08	13,7	— 1,3	140,7
8	728,98	+ 2,35	+ 7,86	— 3,37	+ 5,4	+11,1	6,54	—1,67	834	+ 17	680	940	...	...	variable	0,83	13,7	— 1,1	136,0
9	724,70	— 1,90	+10,03	— 1,02	+ 6,5	+14,3	7,73	—0,40	847	+ 29	630	1000	15,0	6	SSO. 1	0,71	...	.....	135,0
10	727,91	+ 1,34	+ 8,07	— 2,81	+ 1,8	+14,0	5,96	—2,10	739	— 80	560	980	...	...	NNE. 1	0,33	13,6	— 1,0	132,7
11	728,01	+ 1,47	+ 7,68	— 3,03	+ 4,1	+12,8	6,12	—1,86	794	— 26	580	980	...	...	variable	0,26	13,5	— 1,0	130,5
12	728,15	+ 1,64	+10,14	— 0,39	+ 4,0	+15,7	6,76	—1,15	729	— 92	530	890	...	...	SSO. 1	0,91	13,4	— 0,9	127,5
13	727,26	+ 0,78	+11,41	+ 1,05	+ 9,7	+14,2	8,94	+1,11	895	+ 73	750	1000	2,1	4	variable	0,99	13,2	— 1,0	125,2
14	724,00	— 2,45	+14,90	+ 4,72	+10,8	+20,1	8,60	+0,85	694	—129	500	920	1,8	2	variable	0,81	13,2	— 0,9	121,7
15	728,64	+ 2,22	+ 9,48	— 0,52	+ 6,8	+13,8	5,14	—2,54	610	—213	430	720	...	...	variable	0,57	9,4	— 4,6	124,2
16	733,25	+ 6,85	+ 5,26	— 4,57	+ 3,6	+ 8,2	3,93	—3,67	616	—208	540	660	...	...	NNE. 1	0,39	...	.....	125,0
17	733,37	+ 7,00	+ 4,68	— 4,97	+ 0,3	+ 8,3	4,27	—3,25	684	—141	510	870	...	...	NNE. 3	0,03	8,4	— 5,3	123,8
18	729,75	+ 3,40	+ 4,01	— 5,46	+ 1,7	+ 7,7	4,04	—3,40	687	—139	520	800	...	...	N. 2	0,19	9,8	— 3,8	122,5
19	725,36	— 0,97	+ 3,36	— 5,93	+ 1,7	+ 6,2	4,47	—2,89	788	— 39	610	910	...	...	NE. 1	0,98	10,8	— 2,6	121,0
20	722,23	— 4,08	+ 3,88	— 5,23	+ 3,1	+ 5,2	5,88	—1,41	998	+171	900	1000	33,7	13	variable	1,00	10,7	— 2,6	121,5
21	719,85	— 6,44	+ 6,53	— 2,40	+ 4,3	+12,4	6,92	—0,29	954	+126	860	1000	16,0	11	variable	0,69	10,7	— 2,5	121,5
22	717,98	— 8,29	+ 6,15	— 2,60	+ 2,9	+ 9,7	6,62	—0,51	938	+109	780	1000	0,2	1	variable	0,97	10,8	— 2,2	123,5
23	716,30	— 9,95	+ 8,87	+ 0,30	+ 6,8	+11,8	8,28	+1,23	976	+147	860	1000	22,1	13	variable	0,92	...	.....	127,5
24	718,52	— 7,72	+10,02	+ 1,63	+ 8,0	+15,5	8,19	+1,21	901	+ 71	680	990	0,6	1	variable	0,77	11,4	— 1,3	133,0
25	715,30	—10,92	+10,65	+ 2,44	+ 8,1	+17,2	7,87	+0,97	841	+ 11	540	940	2,6	4	variable	0,87	11,4	— 1,2	135,5
26	722,34	— 3,87	+ 5,27	— 2,77	+ 3,4	+11,1	4,00	—2,82	627	—204	470	750	...	...	variable	0,32	11,3	— 1,2	131,5
27	724,44	— 1,76	+ 4,02	— 3,84	+ 2,1	+ 7,0	4,77	—1,97	796	— 35	630	840	0,4	2	variable	0,78	10,5	— 1,8	130,5
28	724,74	— 1,44	+ 3,52	— 4,16	+ 3,2	+ 4,5	5,73	—0,94	980	+148	940	980	10,5	20	variable	1,00	10,4	— 1,8	132,5
29	723,05	— 3,12	+ 4,25	— 3,25	+ 3,1	+ 5,9	4,69	—1,90	776	— 56	610	960	...	...	NE. 2	1,00	10,3	— 1,8	133,5
30	721,30	— 4,87	+ 2,64	— 4,68	+ 2,2	+ 4,2	3,90	—2,61	740	— 93	650	780	...	...	NE. 2	1,00	...	.....	131,7
31	720,80	— 5,36	+ 1,65	— 5,49	+ 0,4	+ 3,0	3,97	—2,47	793	— 40	700	960	...	...	NNE. 3	1,00	9,5	— 2,3	134,0

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,85	727,23	727,33	727,00	726,83	726,82	727,15	727,50	727,56
2e »	728,26	728,63	728,45	727,87	727,55	727,36	727,65	727,82	728,02
3e »	722,16	722,71	722,72	722,30	722,07	722,31	722,73	722,96	722,92
Mois	724,92	725,35	725,32	724,90	724,66	724,67	725,00	725,25	725,33
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 5,18	+ 6,58	+ 8,97	+10,75	+11,13	+10,76	+ 9,13	+ 8,31	+ 6,88
2e »	+ 5,27	+ 6,68	+ 8,57	+ 9,72	+10,69	+10,01	+ 8,43	+ 7,59	+ 6,63
3e »	+ 4,61	+ 5,06	+ 6,47	+ 8,36	+ 7,98	+ 7,22	+ 6,30	+ 5,63	+ 5,37
Mois	+ 5,01	+ 6,07	+ 7,95	+ 9,57	+ 9,87	+ 9,26	+ 7,90	+ 7,13	+ 6,27
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,01	6,41	6,57	6,23	6,05	5,92	6,04	5,87	5,92
2e »	5,66	5,89	5,98	5,86	5,91	5,97	6,29	6,11	5,90
3e »	5,81	5,87	6,27	6,22	6,06	6,11	6,08	6,01	5,92
Mois	5,83	6,05	6,28	6,02	6,01	5,99	6,13	5,99	5,91
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	895	868	760	640	611	612	700	710	789
2e »	830	781	701	651	609	636	746	767	787
3e »	898	876	837	747	735	770	820	851	856
Mois	875	843	768	682	654	676	758	778	812

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,45	+ 11,79	0,63	+ 13,95	15,8	145,24
2e »	+ 4,58	+ 11,22	0,61	+ 11,38	37,6	124,29
3e »	+ 4,05	+ 9,30	0,85	+ 10,70	52,4	130,43
Mois	+ 4,35	+ 10,72	0,70	+ 10,01	105,8	130,00

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,19 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 32°,7 E. et son intensité est égale à 12,74 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1881.

Le 1er, brouillard presque tout le jour.
3, neige au milieu de la journée.
4, id.
5, brouillard de midi à 6 h.
8, brouillard intense tout le jour, fort vent du SO.
9, neige et brouillard; la neige fondait presque à mesure.
10, brouillard le soir.
11, brouillard le soir, forte bise.
12, brouillard tout le jour, forte bise.
13, neige et brouillard.
14, brouillard le soir.
15, brouillard presque tout le jour.
16, id. très forte bise.
17, forte bise.
19, brouillard, neige le soir, fort vent du SO.
20, brouillard, neige, fort vent du SO.
21, brouillard, neige, forte bise.
22, neige le soir.
23, neige, brouillard, tout le jour.
24, brouillard tout le jour.
25, brouillard le matin, neige le soir.
27, brouillard jusqu'au soir.
28, brouillard, neige presque tout le jour.
29, brouillard le matin et le soir.
30, brouillard le soir.
31, neige le matin.

Le 18 de ce mois, le lac a été complètement couvert de glace.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. soir	562,99	Le 4 à 6 h. soir	557,89
7 à midi	569,00	9 à 2 h. après midi	562,43
10 à 10 h. soir	564,84	11 à 4 h. après midi	563,31
13 à 8 h. soir	565,98	16 à 6 h. matin	562,20
17 à 10 h. soir	566,32	21 à 10 h. matin	556,37
22 à midi	559,78	25 à 2 h. après midi	554,78
27 à 6 h. soir	560,94	31 à 6 h. matin	553,34

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1881.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum.	Température C. Maximum.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	562,80	— 3,06	562,61	562,99	— 1,40	— 2,91	— 2,0	— 0,2	.....	.....	....	variable	0,94
2	562,31	— 3,46	562,23	562,53	+ 0,19	— 1,17	— 1,7	+ 3,5	.....	.....	....	NE. 1	0,46
3	560,39	— 5,29	560,18	560,94	— 1,55	— 2,76	— 2,4	+ 0,5	210	12,5	....	NE. 1	0,86
4	558,32	— 7,27	557,89	559,23	— 3,73	— 4,79	— 5,0	— 0,7	30	1,5	....	NE. 1	0,80
5	560,54	— 4,96	558,50	562,74	— 5,73	— 6,64	— 7,9	— 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,72
6	565,14	— 0,27	562,99	567,40	— 3,33	— 4,09	— 8,8	+ 0,6	.....	.....	....	NE. 1	0,24
7	569,03	+ 3,71	568,30	569,31	+ 0,99	+ 0,38	— 3,2	+ 4,2	.....	.....	....	SO. 1	0,23
8	567,26	+ 2,02	566,54	567,96	+ 0,68	+ 0,21	+ 0,5	+ 1 3	.....	.....	.. .	SO. 2	1,00
9	562,96	— 2,19	562,43	564,05	— 0,20	— 0,52	— 1,7	+ 1,9	.....	11,5	....	variable	0,93
10	563,74	— 1,32	562,53	564,84	— 3,16	— 3,33	— 3,7	— 1,3	... .	.....	....	NE. 1	0,45
11	563,51	— 1,46	563,31	563,71	— 4,31	— 4,33	— 5,9	— 2,1	... .	.....	....	NE. 2	0,58
12	564,78	— 0,10	564,11	565,48	— 1,53	— 1,39	— 2,7	+ 0,7	.....	.....	....	NE. 2	0,92
13	565,18	+ 0,39	564,77	565,98	+ 1,36	+ 1,66	+ 0,2	+ 2,8	80	10,8	....	NE. 1	0,89
14	564,42	— 0,28	563,52	565,34	+ 2,85	+ 3,30	+ 1,7	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,42
15	562,90	— 2,71	562,51	563,25	— 5,29	— 4,69	— 7,0	— 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,79
16	564,21	— 0,31	562,20	565,52	—10,25	— 9,50	—11,0	— 8,0	.....	.....	....	NE. 3	0,82
17	565,50	+ 1,06	564,71	566,32	— 8,48	— 7,57	—13,0	— 5,0	.....	.....	....	NE. 2	0,02
18	563,05	— 1,31	561,65	564,82	— 4,95	— 3,88	— 9,3	— 1,9	.....	.....	....	NE. 2	0,16
19	560,27	— 4,01	559,96	561,09	— 9,24	— 8,02	— 9,8	— 8,1	.....	.....	....	SO. 2	0,61
20	560,34	— 3,86	559,76	561,10	— 8,40	— 7,03	— 9,9	— 6,5	120	13,0	....	SO. 2	0,99
21	556,94	— 7,18	556,37	558,22	— 4,18	— 2,66	— 5,3	— 2,5	130	8,4	....	NE. 3	0,89
22	559,42	— 4,62	558,87	559,78	— 1,88	— 0,21	— 3,7	+ 0,2	40	3,8	....	SO. 1	0,58
23	556,33	— 7,63	555,99	556,98	— 2,69	— 0,86	— 3,6	— 1,5	120	11,4	....	variable	1,00
24	557,18	— 6,70	556,46	557,72	— 2,25	— 0,27	— 3,3	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,98
25	555,15	— 8,65	554,78	555,70	— 1,36	+ 0,77	— 3,0	+ 1,2	100	7,9	....	NE. 1	0,67
26	557,00	— 6,72	555,70	558,36	— 6,97	— 4,69	—11,8	— 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,77
27	560,41	— 3,24	559,42	560,94	— 5,95	— 3,52	— 7,0	— 3,3	.....	.....	....	SO. 2	0,37
28	559,82	— 3,76	559,29	560,43	— 4,52	— 1,94	— 5,5	— 2,8	180	12,0	....	SO. 1	0,96
29	556,58	— 6,93	555,60	557,14	— 6,51	— 3,78	— 8,5	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,85
30	554,31	— 9,13	554,18	554,54	— 9,75	— 6,87	—10,3	— 6,8	.....	.....	....	NE. 1	0,82
31	554,33	— 9,04	553,34	556,26	— 5,43	— 2,41	— 6,7	— 3,6	90	7,0	....	NE. 1	0,70

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,89	563,00	563 17	563,22	563,16	563,26	563,42	563,68	563,83
2e »	563,31	563,48	563,49	563,45	563,33	563,43	563 45	563,57	563,64
3e »	556,81	556,97	556,99	556,98	556,95	557,07	557,24	557,33	557,42
Mois	560,86	561,01	561,08	561,08	561,01	561,12	561,24	561,40	561,49
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,01	— 2,49	— 1,31	+ 0,15	+ 0,39	— 0,58	— 1,37	— 1,99	— 2,23
2e »	— 5,94	— 5,54	— 4,55	— 3,35	— 3,21	— 3,97	— 4,42	— 4,49	— 4,90
3e »	— 5,00	— 4,56	— 3,76	— 2,71	— 2,80	— 4,07	— 5,08	— 5,35	— 5,74
Mois	— 4,66	— 4,21	— 3,23	— 1,99	— 1,90	— 2,91	— 3,67	— 3,99	— 4,34

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 3,59	+ 0,74	0,66	25,5	240
2e »	— 6,67	— 2,71	0,62	23,8	200
3e »	— 6,25	— 2,35	0,78	50,5	660
Mois	— 5,53	— 1,48	0,69	99,8	1100

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,54 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,1 sur 100.

CARTE SISMOLOGIQUE
de la
SUISSE
15 Nov. 1879 – 31 Déc. 1880

par F. A. FOREL.


CARTE SISMOLOGIQUE
de la
SUISSE
15 Nov. 1879 – 31 Déc. 1880
par F. A. FOREL.
Echelles
Lieues de France
Lieues de Suisse
Kilomètres
FRANCE
ALSACE
SOUABE
THURGOVIE
ZURICH
LUCERNE
SCHWITZ
FRIBOURG
RHETIE
Dix Juridictions
Ligue Grise
VALTELINE
LOMBARDIE
PIEMONT
SAVOIE
CHABLAIS
TARENTAISE
MAURIENNE
DAUPHINE
TYROL
Vorarlberg
Val d'Aoste
Schaffhausen
Frauenfeld
Bâle
Soleure
Neuchâtel
Berne
Fribourg
Lausanne
Genève
Thonon
Annecy
Albertville
Chambéry
Grenoble
Sion
Martigny
Aoste
Turin
Vercelli
Novare
Milan
Pavia
Como
Lecco
Sondrio
Bellinzona
Locarno
Lugano
Domo d'Ossola
Arona
Casale
Chivasso
Ivrea
Appenzell
Lac de Constance
Lac de Genève
Mt. Cervin
Mt. Rose
Mt. Blanc
Rhône
Po R.
Simplon
Splugen


Péninsule de
Kara - Bournou
Is Spalmatori
Canal d'Egrilimian
C. Egrilimian
I. Pacha
C. Turko
I. Gavalhi
I. Valon
Mali
Mt Mavro-vouni
330
Baie
de Mavro-vouni
I. Goni
I. Meso
I. Platia
Pte Keras
Is Makro
I. Karadagh
I. Yasilghi
Chio
Baie
d'Eritra
Eritra
Pte Paramesa
Pte Koumouthi
I. Onos
Baie de
Kirmeati
Paraskevi
Détr. de
Helena
Pte Keril
Tschesmeh
Reis dereh
Kata Panagia
Latzata
Mt St Elias
230
Egrylar
C. Bianco
30'
38°
30



Aut. F. Noverraz & fils, Genève.

LE

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

DE BOLOGNE

Septembre et Octobre 1881

Dans le numéro de juin des *Archives,* je faisais connaître les propositions du *Comité suisse d'unification*[1] au Congrès de Bologne, relativement à la nomenclature géologique. Les lecteurs de cette Revue seront sans doute bien aises de connaître les résultats scientifiques de ce Congrès, qui avait été convoqué dans le but spécial d'établir une entente internationale, pour l'unification de la nomenclature et des procédés graphiques en géologie.

Il ne s'agit point ici d'un compte rendu proprement dit, puisque celui-là sera publié officiellement à Bologne, par les soins du Bureau du Congrès, mais d'un simple exposé du travail accompli et des résultats obtenus. Il me paraît donc préférable de ne point m'astreindre à l'ordre chronologique, mais de grouper mes réminiscences en quelques sujets distincts; cela me permettra d'être plus complet et plus clair sur les matières scientifiques, sans trop allonger cette notice.

[1] Rapport du Comité suisse sur l'unification de la nomenclature, par E. Renevier (*Archives*, juin 1881, t. V, p. 497).

a. *Les préparatifs du Congrès.*

Le Comité d'organisation de Bologne, sous l'habile direction de M. le prof. Capellini, n'avait rien négligé pour rendre le Congrès intéressant et fructueux, tout en lui donnant une impulsion décidément laborieuse et scientifique. Ce n'était pas, comme au Congrès géographique de Venise, des fêtes sans fin, pour lesquelles il fallait se pourvoir de cartes d'invitation spéciales. L'organisation du Congrès de Bologne était à la fois plus sérieuse et plus libérale. Les quelques invitations, très aimables, qui furent faites, vers la fin du Congrès surtout, par M. le syndic de Bologne et par notre Président lui-même, étaient adressées à tous les membres sans distinction. Nous en remercions le Comité d'organisation et la Municipalité.

Les Chambres italiennes, animées d'un esprit largement progressiste, et comprenant l'heureuse impulsion que ces assises géologiques internationales donneraient à la science en général, et plus spécialement au développement scientifique de l'Italie, avaient mis à la disposition du Comité d'organisation une somme de 40,000 francs, destinée aux préparatifs du Congrès, aux publications, etc. Autant que nous pouvons en juger, par ce que nous avons vu, cette somme a été bien utilement employée. Grâce à ce subside et à la bienveillance des autorités municipales et universitaires, le Comité avait préparé une réception fort bien réussie, pratiquement organisée, et qui mettait bien en relief les progrès considérables de la géologie italienne.

La grande salle du Lycée Rossini, où devaient se tenir les séances générales, avait été restaurée *ad hoc* et judi-

cieusement ornée, non seulement de drapeaux, mais d'une exposition très intéressante de cartes et profils géologiques de différents pays. Le grand vestibule d'accès était tapissé, lui aussi, de nombreux médaillons de géologues illustres et de tableaux géologiques de grande dimension, destinés à l'enseignement intuitif. De chaque côté s'ouvraient des salles plus petites, pour le Conseil du Congrès, pour les secrétaires, etc. Le grand escalier, orné de plantes de belle venue, offrait aussi l'image restaurée d'une gigantesque plante fossile d'Italie. La cour, précédemment bien nue, était transformée en jardin anglais, grâce aux plantes du jardin botanique, et le puits médian élégamment dissimulé par elles. Enfin, avantage inappréciable pour tous, un bureau permanent était installé au rez-de-chaussée, à côté de l'entrée, et fournissait aux étrangers les renseignements dont ils avaient besoin.

Ce bureau délivrait à chaque arrivant, en même temps que sa carte de membre, un guide avec plan de la ville et un joli *bouton-médaille* en émail incrusté, représentant les armes du Congrès, de la ville et de l'Italie. Ce bouton, que chacun devait porter à la boutonnière pendant toute la durée du Congrès, servait de signe de reconnaissance, et nous ouvrait gratis toutes les portes : Musées scientifiques, artistiques, etc.

Le Musée géologique (65, via Zamboni) avait été entièrement restauré et réorganisé. Un guide spécial aux collections avait été publié par les soins du directeur, M. Capellini, qui avait confié ce travail à M. A. Portis. Ce guide, distribué aux membres du Congrès, était bien à propos pour leur faire apprécier les richesses de ces collections et leur bonne organisation. Dans l'amphithéâtre de géologie, on avait exposé une partie des magnifiques

cartes géologiques publiées ou préparées par le *Comitato geologico* de Rome. Les vestibules étaient ornés d'un bon nombre d'autres cartes et profils géologiques de divers auteurs. Le jardin attenant avait été lui-même utilisé et offrait aux amateurs de grands blocs de marbres statuaires divers, des prismes basaltiques, etc.

Le rez-de-chaussée du même bâtiment avait été consacré à une exposition géologique, formée par la réunion de collections publiques ou privées remarquables, venues de diverses parties de l'Italie, et même de l'étranger, et confiées pour le temps du Congrès à M. Capellini. Il y avait là de magnifiques blocs de lignites, de Soufre, de datholite, etc. J'y ai remarqué en particulier la riche collection de poissons fossiles des Carpathes et du tripoli de Gabbro (Monts de Livourne), recueillie et étudiée par M. de Bosniaski; ainsi que les magnifiques plaques ichthyologiques, de grande taille, du M^te^ Bolca, appartenant à la collection de M. de Zigno. J'y ai admiré également la splendide collection des Roches d'Italie, étudiées par MM. Cossa et Matirolo, dont chaque type est accompagné de lames taillées pour l'analyse microscopique, lames parfois de très grande dimension. Mais je veux m'en tenir là, de peur d'être injuste envers quelque exposant, si je me laissais aller à une énumération. Du reste, un catalogue de cette intéressante exposition avait été préparé par les soins de MM. Canavari et Matirolo, et distribué par le Bureau à tous les membres du Congrès.

Nous avions aussi à visiter le Musée minéralogique de l'Université de Bologne, un des plus riches d'Italie, remarquable par l'arrangement systématique si judicieux, dû à son excellent directeur, M. le prof. Bombici, qui nous en faisait les honneurs avec tant de bienveillance.

Le nouveau Musée archéologique, dit *Museo civico*, installé récemment dans de splendides locaux, et formé de la réunion de deux collections déjà fort riches, devant être inauguré, la municipalité avait fixé la cérémonie d'inauguration à la veille de l'ouverture du Congrès, afin que nous pussions y participer.

Dans un autre ordre d'idées, je dois mentionner un bon nombre de publications, faites à l'occasion du Congrès, par le Comité d'organisation, ou avec son concours, et dont presque toutes furent distribuées gratuitement aux membres, soit à leur arrivée, soit pendant le cours de la session. Impossible de tout citer, car c'est toute une bibliothèque que nous eûmes à remporter. Je dois signaler cependant :

a. Bibliographie géologique et paléontologique de l'Italie, 1 vol. 8° de 630 pages, compilation confiée par le Comité à M. Alex. Portis.

b. Aperçu historique sur l'Académie des Sciences de Bologne, 1 vol. 8° de 275 pages.

c. Carte géologique d'Italie au $^{1}/_{1\ 111\ 111}$.

d. Trois cartes géologiques de M. Capellini au $^{1}/_{100\ 000}$ et $^{1}/_{50\ 000}$, représentant l'Apennin bolognais, les Monts de Livourne et les environs de la Spezia.

e. Rapports des Commissions internationales, par MM. Dewalque, Renevier et Douville, vol. 8° de 144 p.

Enfin, le Comité avait organisé, pour la clôture du Congrès, une charmante excursion à Florence, Pise et Carrare, avec transport gratuit des congressistes par le chemin de fer. Puis, toujours grâce à son allocation de l'État, il offrait une réduction de 30 % sur les billets de retour, jusqu'à la frontière italienne.

Ne peut-on pas dire que c'était une hospitalité grandiose, digne d'un grand peuple qui se relève?

b. *Concours sur l'unification des figurés.*

Déjà en 1879, le Comité suisse d'unification avait proposé au Comité de Bologne d'ouvrir un concours sur la question de la représentation graphique des terrains. S. M. le roi Humbert, désireux d'encourager le Congrès, ayant offert la somme nécessaire au prix à décerner, le Comité d'organisation ouvrit le concours en date du 1er juin 1880, en annonçant un prix de 5,000 francs. Six concurrents répondirent à cet appel et envoyèrent leurs mémoires à M. Capellini avant la fin de mai 1881.

Le jury d'examen avait été choisi par le Comité d'organisation de Bologne et composé des membres suivants des comités nationaux : *F. Giordano* de Rome, *V. de Mœller* de St-Pétersbourg, *E. v. Mojsisovics* de Vienne, *B. de Chancourtois* de Paris et *E. Renevier* de Lausanne. Ce jury fut convoqué à Bologne, au 22 septembre, c'est-à-dire quatre jours avant l'ouverture du Congrès, pour prendre connaissance des mémoires envoyés.

Après un examen attentif de chacun des jurés, et six séances de discussion, le jury reconnut à l'unanimité qu'aucune des six solutions proposées n'était *pratiquement applicable,* comme l'exigeaient les conditions du concours. Mais profitant de la latitude qui lui avait été laissée, il fut heureux de pouvoir accorder l'accessit à trois mémoires, qui lui parurent mériter des récompenses.

Les billets cachetés, contenant les noms des trois heureux concurrents, furent ouverts en séance solennelle du Congrès, et le résultat suivant proclamé :

1er accessit, de fr. 2000, obtenu par M. *Albert Heim,*

professeur au Polytechnicum de Zurich, pour un mémoire de 87 pages de texte, accompagné de 13 planches.

2me *accessit*, de fr. 1200, obtenu par M. *Karpinski*, professeur à l'École des Mines de St-Pétersbourg, pour un mémoire d'une quarantaine de pages, avec illustrations dans le texte, et 3 planches de cartes et coupes.

3me *accessit*, de fr. 800, obtenu par M. *Gust. Maillard*, préparateur au Musée géologique de Lausanne, pour un mémoire de 110 pages, accompagné de cartes et coupes géologiques, au nombre de 13.

c. *Les séances du Congrès.*

Près de 200 géologues se trouvèrent réunis à Bologne; plusieurs autres, qui s'étaient annoncés, avaient été empêchés de venir. Les Italiens formaient naturellement les deux tiers des présents. Il y avait plus d'une soixantaine d'étrangers, parmi lesquels bon nombre de notabilités de Paris, Vienne, Berlin, etc. On voyait des représentants de Russie, Suède, Danemark, Roumanie, Hongrie, Espagne, Portugal, Belgique, Angleterre, Amérique, Inde, etc. Les Suisses étaient au nombre de six, et les Français une quinzaine.

Le Conseil du Congrès, composé de tous les membres présents des commissions internationales, des divers comités nationaux et du comité d'organisation, comptait bien une cinquantaine de membres. M. Q. Sella étant président d'honneur, on confia la présidence effective à M. le prof. Capellini, et choisit un vice-président pour chacun des pays représentés, 18 en tout; c'est beaucoup! mais la charge est surtout honorifique. Citer leurs noms sera faire connaître les hommes les plus marquants du Congrès, et donner pour ainsi dire sa mesure scientifi-

que : MM. Mojsisovics, Zittel, Dewalque. J. Hall, Sterry-Hunt, Vilanova, Daubrée, Hughes, Szabo, Blanford, Meneghini, de Zigno, Delgado, Beyrich, Stephanesco, de Mœller, Torell, Renevier. — J'ajouterai que M. Hebert, président du 1er Congrès, figurait dans le Conseil à titre d'ancien président. En fait de Suisses, il y avait encore dans le Conseil MM. A. Jaccard de Neuchâtel et Mayer-Eymar de Zurich.

La séance d'ouverture, le 26 septembre, fut une séance d'apparat, présidée par M. le ministre de l'agriculture et du commerce. On y entendit nombre de discours, les uns de bienvenue, les autres de remerciements ; tous en français, la *langue du Congrès!* M. Capellini, élu président effectif, y proclama le résultat du concours dont il vient d'être question.

Les séances de discussion eurent lieu les jours suivants dès midi, tandis que les matinées étaient réservées aux réunions du Conseil, ou de commissions spéciales. Mardi 27 et mercredi 28, les séances furent consacrées à l'unification de la nomenclature géologique; jeudi 29 et vendredi 30, à l'unification des procédés graphiques; samedi 1er octobre enfin, aux règles de nomenclature paléontologique.

Ces cinq séances n'eurent point le cachet ordinaire des séances scientifiques, où quelques-uns exposent leurs travaux, que personne ne conteste. La discussion fut, au contraire fort animée, parfois même un peu vive, sans sortir cependant jamais des bornes de la convenance. Il ne s'agissait pas en effet de recherches locales, où l'auteur est souvent seul compétent, mais bien d'idées générales et de questions pratiques, sur lesquelles il s'agissait d'arriver à une entente, mais au sujet desquelles aussi chacun tenait plus ou moins à faire prévaloir son point

de vue et ses usages particuliers. Par deux fois, il fallut recourir au scrutin secret pour connaître d'une manière certaine l'avis de la majorité. Néanmoins, grâce au bon esprit qui régna, aux concessions réciproques qui furent faites, on parvint à s'entendre sur les questions fondamentales, et sur la plupart des points principaux. Plusieurs sujets furent renvoyés à un autre congrès parce qu'ils n'avaient pas été suffisamment étudiés par les comités nationaux.

En somme, l'impulsion a été donnée, dans le sens d'une unification graduelle et prudente, des procédés, des méthodes et du langage géologiques. Les décisions du Congrès n'ont naturellement qu'une valeur d'influence, mais du moment que des géologues marquants, de presque tous les pays, ont pris part à ces décisions, et se sont promis de les recommander dans leurs contrées respectives, on peut être assuré qu'elles seront généralement admises, et que nous arriverons peu à peu à une langue géologique comprise par tous.

Les soirées de cette semaine, pour ceux du moins qui n'étaient pas obligés de les consacrer à des comités ou à divers travaux spéciaux, se passèrent très agréablement à lier ou à renouveler connaissance les uns avec les autres, dans divers locaux où nous invitait successivement la généreuse municipalité de Bologne; tantôt au théâtre, tantôt au concert, tantôt dans une vaste salle mise spécialement à notre disposition pour le soir. A ce point de vue aussi tout était admirablement organisé.

Enfin, le dimanche 2 octobre eut lieu la séance de clôture, de nouveau avec discours d'apparat, remerciements par acclamation, etc. La seule décision qui y fut prise, et cela sur proposition du Conseil et sans discussion, fut de convoquer le prochain congrès à Berlin, en 1884; puis

on nomma de nouvelles commissions internationales pour continuer l'étude des questions d'unification qui n'avaient pas pu être résolues.

D'après le programme, le congrès devait durer plus longtemps ; une promenade aurait eu lieu le dimanche, et les jours suivants devaient être consacrés à entendre diverses communications scientifiques. Mais la plupart des congressistes étrangers étaient pressés de repartir, les uns pour rentrer chez eux et reprendre leurs cours ou leur travail personnel, d'autres pour voyager en Italie. On était venu de loin en vue des questions d'intérêt général, et non pour entendre le détail de recherches spéciales dont on profite mieux encore en les lisant chez soi, à tête reposée. C'est pour ces diverses raisons que le Conseil avait décidé d'abréger le congrès, et d'en fixer la clôture officielle au 2 octobre, afin que l'excursion de Florence pût avoir lieu immédiatement après.

d) *Unification de la nomenclature géologique.*

Ce n'est pas proprement la nomenclature que le congrès de Bologne a unifiée. Il n'a pas eu le temps d'arriver jusqu'aux noms, à attribuer aux divers terrains. Au préalable, il fallait unifier la *terminologie,* c'est-à-dire les termes par lequels doivent être désignées les subdivisions d'ordre différent. C'est là ce qui a occupé les deux séances consacrées à la nomenclature. Il semble au premier abord que ce soit bien peu, mais ce sont précisément les points sur lesquels les usages étaient le plus contraires, dans les différents pays. Puis la plupart des comités nationaux n'avaient pas poussé leurs préavis plus loin que ces questions de terminologie. Seuls le comité portugais et le comité suisse s'étaient préoccupés de nomenclature

proprement dite. Le premier avait proposé d'attribuer des désinences euphoniques différentes aux terrains de valeur différente. Le second avait préavisé sur les noms des terrains de premier et de deuxième ordre [1]. Le temps manquant et la matière n'étant pas suffisamment préparée, le congrès a jugé préférable de renvoyer ces questions à une future session.

La discussion devait naturellement se baser sur les conclusions du rapport de M. le prof. *Dewalque,* secrétaire général de la Commission de nomenclature. Ce travail, de 74 pages 8°, très complet et très consciencieux, était entre les mains de tous les membres, auxquels le volume avait été expédié avant le congrès. Tous les rapports des comités nationaux y sont reproduits in-extenso et les conclusions du secrétaire général ne sont, pour ainsi dire, qu'une synthèse impartiale de ces différents rapports.

Mais le Conseil avait estimé utile que l'on commençât par définir nettement les *masses minérales* conformément au rapport de comité français, élaboré par M. Hebert. (Rapp. Dewalque, p. 23). La discussion porta sur deux points seulement :

1° M. de Chancourtois aurait voulu réserver le terme *roches* aux matières éruptives exclusivement, mais ce point de vue ne fut pas admis.

2° La question du terme *formation* était plus délicate. Les géologues anglais et allemands emploient généralement ce mot pour désigner des groupes stratigraphiques (ex : *Jurassicformation, Juraformation*), tandis que tous les comités nationaux de langues romandes étaient d'accord pour lui réserver un sens d'origine, de mode de formation, comme l'avait proposé déjà feu d'Omalius

[1] Voir *Archives des sciences*, juin 1881, t. V, p. 507.

d'Halloy, et comme préavisait aussi le rapport Dewalque dans son § 15, p. 69, ainsi conçu :

§ 15. Le mot *formation* entraîne l'idée d'origine et non celle de temps. Il ne doit donc pas être employé comme synonyme de terrain ou d'étage. Mais on dira très bien : *Formations éruptives, formations calcaires, formations marines, lacustres*, etc.

Nos amis anglais, par l'organe de M. Hughes, président du comité britannique de nomenclature, furent les premiers à faire une concession et à déclarer qu'ils s'efforceraient de changer leurs habitudes sur ce point. Ensuite de quoi l'assemblée adopta à une grande majorité le § 15 du rapport Dewalque, ainsi que les conclusions du rapport français sur les masses minérales, dans la forme suivante :

Les éléments de l'écorce terrestre sont les *masses minérales*, qui peuvent être envisagées à trois points de vue :

1° Au point de vue de leur nature et de leur composition, elles prennent le nom de *Roches*.

2° Considérées quant à leur origine ou mode de formation, ce sont les *Formations*.

3° Enfin, au point de vue de leur âge, ou succession stratigraphique, ce sont les *Terrains*.

Ce troisième § n'a pas été explicitement voté à ce moment, mais il a été implicitement admis dans la suite de la discussion, comme expression tout à fait générale.

Après cela on passa à la fixation des termes de la *hiérarchie stratigraphique*, en suivant les §§ du rapport Dewalque.

Au § 1, le rapporteur ne proposait point de terme spécial pour désigner les divisions de premier ordre ; il se contentait de dire au pluriel : *Les terrains* (*primaires, secondaires, tertiaires*). L'avis général fut qu'il fallait fixer un terme spécial. M. le prof. Beyrich proposa celui de

groupe. Je proposai de préférence celui de *série,* qui me semblait plus extensif, afin de réserver le mot groupe pour les divisions de troisième ordre, selon le préavis du comité suisse. Ma manière de voir resta en minorité et le terme *groupe* fut admis.

Pour les divisions de deuxième ordre, M. Dewalque, § 2, p. 66, proposait le mot *terrain,* qui malheureusement ne peut pas se traduire dans les langues d'origine germanique. M. de Mœller, par entente avec plusieurs collègues, proposa d'y substituer le terme *système,* qui peut s'employer dans toutes les langues. Le rapporteur s'étant rallié à cette manière de voir, le terme *système* fut admis à une forte majorité, malgré la vive opposition de M. Hebert, pour désigner les divisions de deuxième ordre des terrains sédimentaires.

Il ne peut être question, cela va sans dire, d'éliminer le mot *terrain* du vocabulaire géologique français, mais ce terme ne désignera plus, comme c'était l'usage de beaucoup de géologues en France, des divisions stratigraphiques d'une valeur déterminée (*terrain jurassique, terrain silurien,* etc.). Son sens restera tout général, comme le voulait autrefois d'Omalius d'Halloy, et comme je l'avais proposé dans mes *tableaux des terrains sédimentaires*[1]. Il désignera donc un ensemble de couches d'une valeur quelconque, ou une subdivision stratigraphique, dont on ne voudra pas, ou ne pourra pas, préciser l'ordre hiérarchique. On pourra très bien dire avec Alcide d'Orbigny : *les terrains crétacés*; comme on pourra dire aussi : le *terrain néocomien,* ou le *terrain urgonien,* ou même le *terrain urgonien inférieur* à *Goniopygus peltatus,* etc.

[1] *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, III, p. 221.

Il est certainement très utile qu'il nous reste un terme tout à fait général qui ne comporte point de *valeur hiérarchique*. C'est dans ce sens que les Anglais emploient le mot *beds* au pluriel. Les Allemands ont à leur disposition pour cela le mot *Gebilde*, tandis que *Bildung* veut dire formation.

La renonciation des Français au terme *terrain*, pour désigner les divisions de second ordre, était d'ailleurs une conséquence nécessaire de la renonciation des Anglais et des Allemands au mot *formation* dans le même sens. Les deux usages contraires étant abandonnés, on s'est mis plus facilement d'accord sur le terme *système*, utilisable dans toutes les langues. C'est par de semblables concessions réciproques que nous avons pu aboutir, et c'est en continuant dans la même voie qu'on pourra compléter l'unification géologique. De la sorte, notre nomenclature ne sera ni à l'uniforme français, ni à l'uniforme allemand, mais elle sera vraiment internationale, et pourra plus facilement être adoptée par tous.

Le cap des tempêtes était doublé ! Restait à trouver des termes pour les subdivisions suivantes. Les deux mots suggérés par le rapporteur, au § 3, p. 67, pour les divisions de troisième ordre, se trouvaient déjà employés. M. Dewalque lui-même, après entente avec les congressistes allemands, qui se servent en général ici du terme *Abtheilung*, proposa la traduction française de ce mot, savoir *division*. Je fis observer qu'on ne pouvait pas appliquer à l'une des divisions le terme *division*, ce qui produirait beaucoup de confusion; je proposai à la place le terme *série*, qui restait vaccant, mais que j'eusse préféré voir figurer au premier ordre. D'autres proposaient *membre*. Quelques-uns estimaient cet intermédiaire inutile, et voulaient qu'on subdivisât directement le *système* en *éta-*

ges. Mais l'assemblée ne fut pas de cet avis, estimant qu'il n'y avait pas trop à cinq ordres de subdivisions, et qu'il ne fallait pas appauvrir le langage géologique.

Le choix restait donc entre les mots *division* et *série.* La votation à main levée fut en faveur de ce dernier, mais le vote ayant été contesté, on le renouvela au scrutin secret, et le terme *série* l'emporte par 52 voix contre 35 données à son concurrent. Là-dessus, réclamations de MM. Beyrich et de Mœller, assurant que les langues allemande et russe ne se prêtaient pas à l'emploi du mot *série.* On chargea alors le conseil d'examiner s'il n'y aurait pas lieu d'admettre des synonymes au terme *série* voté. Le lendemain, sur le préavis du conseil, on adopta comme synonymes : *section*, *Abtheilung* et *series* (anglais).

Pour les divisions de quatrième ordre, l'unanimité fut complète, et l'on choisit, comme le proposait le rapport Dewalque, p. 67, § 4, le terme *étage*, avec ses équivalents : *piano* en italien, *piso* en espagnol, *stage* en anglais, *Stufe* en allemand.

Pour les divisions de cinquième ordre enfin, l'on admit le terme *assise*, proposé par le rapport Dewalque p. 67, § 5, mais quelques objections ayant été faites sur les synonymes indiqués, on décida de laisser chaque nationalité choisir le terme correspondant dans sa langue.

Vint ensuite l'adoption des § 6 et 7 du rapport Dewalque, p. 68, qui autorisent l'emploi du mot *couches* (au pluriel) comme synonyme d'assise, et du mot *sous-étage* pour des divisions occasionnelles intermédiaires entre l'étage et l'assise. On adopta aussi le § 8 qui consacre les termes : *strate*, *couche*, *stratum*, *strato*, *Schicht*, pour désigner le premier élément stratigraphique.

Comme le temps pressait, et qu'il importait de fixer

aussi les termes de la *hiérarchie chronologique* correspondante, on laissa de côté les § 9 et suivants, moins importants, et l'on passa immédiatement au § 18 du rapport Dewalque, p. 71.

Après discussion sur la valeur plus ou moins extensive des diverses expressions proposées : *ère, âge, période,* l'assemblée adopte le terme *ère,* pour désigner les divisions de premier ordre au point de vue chronologique.

Pour les divisions de second ordre, elle adopte ensuite, conformément au rapport, p. 71, § 19, le terme *période,* consacré par d'Orbigny, et employé dans mes tableaux, ainsi que dans beaucoup d'autres publications. *Période* sera donc l'équivalent chronologique de système.

Au § 20, M. Dewalque proposait pour les divisions de troisième ordre le terme *époque,* que j'avais employé en ce sens dans mes *tableaux des terrains.* Mais M. Hebert, estimant que le mot *âge* représente une plus grande durée de temps que *époque,* aurait voulu intervertir les termes. C'est alors que M. *Mayer-Eymar* proposa d'y substituer le terme de *cycle,* conformément au rapport du Comité suisse. MM. Hebert, Sterry-Hunt, Vilanova et Renevier appuyèrent cette proposition, qui aurait fait droit à l'observation de M. Hebert, et laissé le terme *époque* pour les divisions de cinquième ordre. Vu le partage presque égal des voix, on procéda au scrutin secret, et le terme *époque* l'emporta par 47 suffrages, contre 46 donnés au mot *cycle.*

Pour les divisions de quatrième ordre enfin, on adopta le terme *âge,* conformément aux propositions du rapport, p. 71, § 21.

Le rapport Dewalque ne contenait aucune proposition, pour la désignation chronologique des subdivisions de

cinquième ordre. D'ailleurs le temps pressait. Aussi, malgré les réclamations de quelques membres qui auraient voulu qu'on abordât tout de suite la nomenclature des divisions de premier et second ordre, l'assemblée décida de clore la discussion avec l'article 21, et de renvoyer à un prochain congrès la question des désinences euphoniques, et la nomenclature des terrains.

Je résume dans le tableau suivant la terminologie adoptée par le Congrès de Bologne pour les 5 ordres de subdivisions des terrains sédimentaires :

DIVISION de	HIÉRARCHIE STRATIGRAPHIQUE		HIÉRARCHIE CHRONOLOGIQUE
1er ordre.........	Groupe	=	Ère.
2me ordre.........	Système	=	Période.
3me ordre.........	Série (Section, Abtheilung)	=	Epoque.
4me ordre.........	Étage (Stage, Stufe, Piano, Piso)	=	Age.
5me ordre.........	Assise	=	?

Dans sa dernière séance, le Congrès a nommé, suivant les propositions de son Conseil, la nouvelle *Commission internationale de nomenclature,* qui devra poursuivre les études et faire de nouvelles propositions en vue de l'achèvement de cet important objet. Cette commission est nombreuse, elle contient un représentant pour chaque pays ayant participé au Congrès. Je n'en ai pas la liste, et craindrais de commettre des erreurs en essayant de la reconstituer de mémoire. C'est pourquoi je me contente de citer quelques noms dont je suis sûr, et qui importeront le plus aux lecteurs.

MM. Hebert, pour la France.

» Dewalque, pour la Belgique.

MM. Hughes, pour la Grande-Bretagne.
» Zittel, pour l'Allemagne.
» Mayer-Eymar, pour la Suisse, etc.

e. *Unification des procédés graphiques.*

La discussion sur l'unification des figurés devait avoir pour base le rapport international dont j'avais été chargé, mémoire de 40 pages 8°, imprimé avec le précédent dans le volume déjà mentionné. Mais le Conseil avait jugé opportun de commencer la discussion par la résolution IX, p. 104, relative à la publication d'une carte géologique d'ensemble de l'Europe centrale. Une proposition spéciale était venue de Vienne à ce sujet; M. Hauchecorne, directeur de la carte géologique détaillée de la Prusse, avait préparé tout un plan d'exécution, et pour rendre la chose plus saisissable, il avait exposé une carte géologique de l'Europe centrale à l'échelle du $^1/_{1\ 500\ 000}$, coloriée à la main d'après une gamme de couleurs peu différente de celle proposée dans mon rapport.

Cette question avait été soumise d'avance, par le Conseil, à une commission spéciale qui préavisait en faveur d'une carte géologique de l'Europe entière, à l'échelle ci-dessus mentionnée, divisée naturellement en un certain nombre de feuilles et publiée sous les auspices du Congrès. Ainsi préparée, et personne ne s'opposant au principe, la délibération ne fut pas longue, et la résolution IX, amendée conformément au préavis de la commission, fut votée dans la teneur suivante :

En application de la gamme chromatique adoptée, il sera publié, sous les auspices du Congrès international, une carte géologique d'Europe à l'échelle, du $^1/_{1\ 500\ 000}$.

Les comités nationaux seront invités à en fournir les matériaux géologiques, pour leurs pays respectifs.

Restait le mode d'exécution ; mon rapport, p. 108, proposait une résolution X instituant un *Bureau géologique international,* analogue à ceux qui existent déjà pour les postes, les télégraphes, les poids et mesures, etc. Ce Bureau eût été chargé de la publication de la carte d'Europe, ainsi que de divers autres travaux, destinés à provoquer et populariser l'unification des méthodes géologiques. C'était, comme l'on sait, la manière de voir du Comité suisse. Mais cette organisation n'avait pas trouvé faveur devant la Commission spéciale de la carte, qui proposait au contraire de faire faire ce travail à Berlin, sous la direction d'un comité international restreint, nommé par le Congrès. La discussion fut assez serrée. Une partie de l'assemblée, parmi les Italiens surtout, était favorable à mes propositions; mais, en définitive, celles-ci furent rejetées et remplacées par la résolution suivante :

L'exécution de la Carte géologique d'Europe aura lieu à Berlin, et sera confiée à un *Comité international*, composé du directeur exécutif, de M. Renevier, secrétaire de la commission internationale des figurés, et de cinq autres membres représentant l'Angleterre, la France, l'Italie, l'Autriche et la Russie.

Cette question une fois vidée, on reprit les propositions du rapport dans leur ordre numérique.

I. Relativement à ma première proposition, p. 81, tout le monde paraissait d'accord pour établir une convention internationale de couleurs, soit en vue de la carte d'Europe décidée, soit pour les divers travaux d'ensemble. La discussion porta essentiellement sur le *spectre solaire*, proposé comme base de cette convention. Les uns ne voulaient pas en entendre parler, estimant que le spectre n'avait rien à faire dans cette question. D'autres, en revanche, voulaient la base spectrale, mais en demandaient l'application rigoureusement exacte. Lorsque je vis que,

loin de servir à la bonne entente, comme je me l'étais imaginé, le spectre solaire devenait une cause de dissension et menaçait de compromettre l'unification, j'en proposai moi-même l'abandon. Ensuite de cette renonciation et d'un autre amendement de rédaction au second alinéa, la résolution I fut votée dans la forme suivante :

I. Le Congrès géologique de Bologne estime qu'il y a lieu d'adopter une convention internationale, pour l'application des couleurs à la représentation des terrains géologiques.

La série des couleurs adoptées sera recommandée à tous les pays et à tous les géologues, spécialement en vue des travaux d'ensemble, mais sans visée rétroactive sur les cartes en cours de publication.

Le principe de l'unification était admis, et admis, on peut le dire, à la presque unanimité. Restait à s'entendre sur le choix des couleurs, ce qui paraissait moins facile. Mais auparavant M. Vanden Broeck se fit l'organe de quelques congressistes, pour présenter un complément à la résolution ci-dessus. Sa motion, bien accueillie par l'assemblée, fut votée à la presque unanimité. En voici la teneur :

Le Congrès est d'avis de recommander le $^{1}/_{500\,000}$ comme échelle des cartes d'assemblage qui seront exécutées par les institutions, officielles ou privées, s'occupant de la confection de cartes géologiques à grande échelle. Il recommande aussi d'employer autant que possible, dans ces cartes, la série de couleurs qui sera adoptée pour la confection de la carte d'Europe.

II. La seconde proposition du rapport avait trait à la représentation graphique des terrains du *groupe archéique* et des schistes cristallins d'âge indéterminé, qu'on y assimile généralement. Personne n'objecta à l'emploi du rose carmin, dont l'usage est très répandu dans ce sens, mais quelques modifications de rédaction furent demandées, et la résolution II, p. 83, fut votée dans la forme suivante :

II. La couleur rose carmin sera affectée de préférence aux schistes cristallins, toutes les fois qu'on n'aura pas de preuves certaines qu'ils sont d'âge cambrien ou post-cambrien.

Le rose vif pourra être réservé aux roches d'âge pré-cambrien (archéen), et le rose pâle aux schistes cristallins d'âge indéterminé.

III. Il s'agissait ensuite des couleurs à affecter aux systèmes du groupe paléozoïque. Mon rapport, p. 86, en proposait trois :

Violet pour le Silurien.

Brun pour le Devonien.

Gris-foncé pour le Permo-carbonifère.

D'autre part, la carte de l'Europe centrale, présentée par M. Hauchecorne, employait en partie des couleurs différentes, plus nombreuses et généralement en *teintes rabattues*. Ce point était d'ailleurs un des moins bien étudiés, puisque aucun des comités de pays paléozoïque ne m'avait envoyé de rapport. Je prévoyais qu'on aurait plus de peine à s'entendre sur ce sujet que sur les propositions suivantes, pour lesquelles le terrain était mieux déblayé. C'est pourquoi, d'accord avec plusieurs membres, je proposai de suspendre toute décision sur cette question, et de renvoyer la résolution III au Comité de la carte d'Europe, ce qui fut accepté volontiers.

IV. La proposition suivante du rapport avait trait au groupe secondaire ou mésozoïque. Le seul point sur lequel il y eût divergence était la teinte affectée au système triasique. Les représentants de l'Allemagne m'avaient fait observer que leur pays ne pouvait pas s'accommoder du rouge-brique pour le Trias, vu la grande extension de ce terrain chez eux et le nombre de subdivisions qu'ils doivent y marquer. La carte de M. Hauchecorne employait à la place le violet, et son aspect était vraiment fort harmonieux. D'autre part, M. le prof. Heim, de Zurich, dans

son mémoire de concours, si fort apprécié, avait de même substitué le violet au rouge-brique. Dans mon rapport, je n'avais adopté cette dernière couleur que parce qu'elle était employée dans plusieurs cartes importantes, et proposée par la majorité des comités nationaux. Je me ralliai donc volontiers à la modification demandée, à la condition de conserver le bleu au système jurassique, et le vert au crétacé. Grâce à cette concession, l'entente se fit facilement, et la résolution IV, p. 88, fut votée à une forte majorité, avec la rédaction ci-après :

IV. Trois couleurs seront affectées aux systèmes secondaires ou mésozoïques :

1° le violet au Trias ;
2° le bleu au Jurassique (le Lias pouvant être distingué par un bleu plus foncé) ;
3° le vert au Crétacé.

V. Ma cinquième proposition, p. 90, se rapportait aux terrains tertiaires ou cénozoïques. Elle était rédigée ainsi :

Trois couleurs seront affectées à la série cénozoïque :

1° le jaune vif (gutta) à l'Éocène ou Nummulitique ;
2° le jaune chamois au Miocène ou Mollassique ;
3° un jaune sépia pâle (légèrement orangé) aux terrains pliocène et plistocène réunis.

Les formations modernes seront laissées en blanc, ou représentées par des signes divers, sur fond blanc.

Mais plusieurs difficultés étaient à prévoir, au sujet du nombre des systèmes du groupe cénozoïque, de la réunion du Plistocène au Pliocène, de l'application des nuances du jaune aux subdivisions. Nous n'avions pas le temps de traiter à fond toutes ces questions, dont les deux premières d'ailleurs étaient du ressort de la nomenclature. D'autre part, le sentiment général paraissait être de consacrer le jaune, dans ses diverses nuances, au groupe tertiaire. La carte de M. Hauchecorne le faisait ainsi, mais

dans un ordre un peu différent, plus logique encore que le mien. Afin donc d'arriver à un vote, sans entrer dans autant de détails, je modifiai ma rédaction en la généralisant. Cette nouvelle forme de résolution fut seule mise en discussion et fut promptement adoptée. En voici la teneur :

V. Les nuances de la couleur jaune seront affectées au groupe cénozoïque, en teintes d'autant plus claires qu'il s'agira de couches plus récentes.

La question fut soulevée, si le quaternaire et les formations modernes seraient aussi comprises dans cette résolution V et teintés en jaune. Mais, après une courte discussion, on décida d'en laisser la solution au comité international de la carte d'Europe.

Quant aux résolutions VI, VII et VIII, elles furent votées, presque sans discussion, après quelques légères modifications, relatives aux termes de momenclature récemment adoptés. En voici la teneur :

VI. Les subdivisions d'un système pourront être représentées par les nuances de la couleur adoptée, par des réserves de blanc, ou par des hâchures variées, selon les besoins particuliers de chaque carte, à la seule condition que ces signes figuratifs ne contrarient pas les caractères orographiques (techtoniques), et ne rendent pas les cartes confuses.

Les nuances, par teintes pleines ou par réserves, devront être appliquées en raison directe de l'ancienneté, les plus foncées figurant toujours les subdivisions les plus anciennes.

VII. La notation littérale sera basée sur l'alphabet latin pour les formations sédimentaires et sur l'alphabet grec pour les formations éruptives.

Le monogramme d'un terrain sera formé dans la règle de l'initiale majuscule du nom de ce terrain. Les subdivisions pourront être distinguées en ajoutant à cette initiale majuscule, soit l'initiale minuscule du nom de la subdivision, soit un exposant numérique, soit l'un et l'autre s'il y a lieu.

Les chiffres des exposants numériques devront toujours se présenter dans l'ordre chronologique, 1 désignant la première, soit la plus ancienne subdivision.

VIII. L'emploi de signes paléontologiques, orographiques, chorologiques, pétrographiques et géotechniques est recommandé. Ceux qui sont en même temps les plus simples, les plus figuratifs, ou les plus mnémoniques sont à choisir de préférence.

Dans sa dernière séance enfin, le Congrès nomma les membres du comité international de la carte d'Europe. Pour directoire exécutif il choisit MM. Beyrich et Hauchecorne, à Berlin, agissant ensemble et n'ayant qu'une seule voix dans la commission. Puis, outre M. Renevier, déjà désigné, il choisit :

MM. Topley,	pour représenter	l'Angleterre.
Daubrée,	»	la France.
Giordano,	»	l'Italie.
Mojsisovics,	»	l'Autriche.
de Moeller.	»	la Russie.

Les résultats généraux de ces deux jours de discussion sont assez curieux : Après avoir éliminé en principe l'idée de prendre pour base la série des couleurs du spectre solaire, on y est revenu dans le choix détaillé des couleurs, et l'on a appliqué la gamme spectrale d'une manière plus rigoureuse que ne le proposait mon rapport ! Seulement, au lieu de la faire commencer déjà avec le groupe paléozoïque, on n'a appliqué cette gamme qu'aux terrains mésozoïques et cénozoïques.

Cénozoïque.	*jaune.*
Crétacé.	*vert.*
Jurassique	*bleu.*
Triasique	*violet.*

Quant aux terrains paléozoïques, leurs couleurs ne sont point encore fixées, et le choix en est laissé au comité de la Carte. D'après la composition de ce comité on peut

prévoir qu'il suivra à peu près les couleurs employées dans la carte manuscrite présentée par M. Hauchecorne, qui était, comme je l'ai dit, d'un effet très harmonique. Ce seront donc très probablement des *couleurs rabattues* qui seront employées pour représenter les systèmes paléozoïques, et le *gris* sera, je crois en tout cas, conservé pour le Carbonifère.

Nous n'avons donc pas lieu de nous plaindre, nous Suisses, car c'est à peu près la série de couleurs à laquelle nous sommes habitués par nos cartes géologiques nationales. Nous n'aurons à changer d'usage que pour le Trias, que nos cartes représentent généralement par des teintes rouges; pour le Lias, qu'elles colorent en violet; et enfin, peut-être, pour le Nummulitique et le Mollassique dont les nuances jaunes devront être probablement interverties.

Pour ma part, j'estime ce résultat très heureux. La science géologique a acquis, non seulement le principe de l'unification des figurés, mais même une *gamme géo-chromatique* internationale qui, il est vrai, n'est pas encore complète, mais dont les notes essentielles sont fixées, et qui se complètera tout naturellement, et se popularisera, par la publication de la carte d'Europe.

f) *Règles de la nomenclature paléontologique.*

Des 6 membres, tous français, de la commission internationale, nommée pour cet objet à Paris, aucun n'assistait au Congrès de Bologne, pas même le rapporteur M. Douvillé. Il fallut donc le remplacer pour la présentation et la défense de son rapport dans la séance du samedi. Cela fut d'autant plus piquant, que son substitut, M. Fischer, président de

la Société géologique de France, ne partageait pas le point de vue de la commission sur la question la plus litigieuse, l'acceptation des dénominations génériques et spécifiques antérieures à Linné. Je dois toutefois rendre à M. Fischer cette justice, qu'il sut être parfaitement impartial, et faire comprendre à l'assemblée, quand il parlait comme rapporteur, ou défendait ses opinions personnelles. L'absence de M. Douvillé devait néanmoins se faire sentir; aussi l'économie de son projet fut-elle sensiblement modifiée, pour la petite partie, le tiers à peine, qui put en être discutée.

La première règle proposée par le rapport (p. 120) établissait comme base la *nomenclature binominale.* Une discussion intéressante s'éleva à ce sujet. Plusieurs firent des réserves en faveur d'un *système trinominal.* On montra que la paléontologie avait des besoins, que ne connaissent ni la zoologie, ni la botanique, lesquelles, n'ayant à faire qu'aux types actuels, n'ont pas à se préoccuper des variations successives dans le temps. Ces variétés chronologiques ont été distinguées des autres par M. Neumayr, qui les désigne par le terme de *mutation.* C'est un élément dont il fallait tenir compte. En conséquence, sans déserter complètement le système binominal, on ne voulut pas lui donner une nouvelle consécration, et, tout en votant le § 2 de M. Douvillé, on remplaça son premier § par une rédaction différente, et intercala un article 3 nouveau, relatif aux mutations et variétés. Voici ces trois articles tels qu'ils furent votés :

Art. 1er. La nomenclature adoptée est celle dans laquelle chaque être est désigné par un nom de *genre* et un nom d'*espèce.*

Art. 2. Chacun de ces noms se compose d'un seul mot *latin* ou latinisé, écrit suivant les règles de l'orthographe latine.

Art. 3. L'espèce peut présenter un certain nombre de modifications, reliées entre elles dans le temps ou dans l'espace, et désignées

du nom de *mutations* ou de *variétés*; les modifications dont l'origine est douteuse sont simplement appelées *formes*.

Ces modifications seront indiquées, quand il y aura lieu, par un troisième terme, précédé suivant les cas, des mots *variété*, *mutation* ou *forme*, ou des abréviations correspondantes.

Les alinéas *a* et *b* du § 2 du rapport (p. 120) furent laissés de côté, comme entrant dans des détails trop spéciaux et d'une moindre importance, mais le § 2c fut pris en sérieuse considération et voté comme art. 4, sans modification, mais avec l'adjonction du second alinéa. En voici la teneur :

Art. 4. Le nom spécifique doit toujours être précisé par l'indication du nom de l'auteur qui l'a établi ; ce nom d'auteur est mis entre parenthèse, lorsque le nom générique primitif n'est pas conservé, et dans ce cas il est utile d'ajouter le nom de l'auteur qui a changé l'attribution générique.

Cette même disposition est applicable aux variétés érigées en espèces.

C'est sur les §§ 3 et 4 du rapport Douvillé (p. 121) que se livra la grande bataille. Ce fut une victoire bien facile, car la réhabilitation des noms antérieurs à Linné, admise par la Commission, ne trouva guère de défenseurs, le substitut du rapporteur étant lui-même parmi les assiégeants. Le premier alinéa du § 3 fut voté, sans modification, comme art. 5, mais on lui adjoignit un second alinéa, contraire au § 4, qu'il annulle et remplace. Ensuite le second alinéa du § 3 fut légèrement adouci, par les mots « à l'avenir, » puis voté à titre d'art. 6. Voici la teneur de ces deux articles:

Art. 5. Le nom attribué à chaque genre, et à chaque espèce, est celui sous lequel ils ont été le plus anciennement désignés, à la condition que les caractères du genre et de l'espèce aient été publiés et clairement définis.

L'antériorité ne remontera pas au delà de Linné, 12me édition, 1766.

Art. 6. A l'avenir, pour les noms spécifiques, la priorité ne sera irrévocablement acquise que lorsque l'espèce aura été non-seulement décrite, mais figurée.

Mais le Congrès se sentait évidemment mal à l'aise de discuter de semblables questions en l'absence des zoologistes et des botanistes. Aussi renonça-t-il à poursuivre la discussion, et accepta-t-il volontiers une motion de M. Blandford, conçue en ces termes.

Le bureau du Congrès fera auprès des sociétés zoologiques et botaniques les démarches nécessaires pour arriver à la réunion d'un Congrès spécial de biologistes.

g) *Excursion à Florence, Pise et Carrare.*

La semaine du Congrès n'avait pas été un temps de repos, loin de là, au moins pour les membres qui y avaient pris une part active. Il y avait eu à la vérité beaucoup de jouissance à se voir dans l'intervalle des séances, et à nouer des relations précieuses, l'excursion toutefois devait être notre dessert! Le comité d'organisation nous transportait gratuitement par le chemin de fer, donc point de billets à prendre, point d'autre souci que de se rendre à temps à la gare. En revanche, beaucoup de choses intéressantes à voir, sous la conduite des hommes les mieux qualifiés.

Lundi, 3 octobre, départ au milieu du jour pour Florence. Beaucoup de congressistes avaient dû nous quitter, mais nous étions encore une cinquantaine au moins. En chemin, on nous explique les conditions géologiques de la contrée que nous traversons, la curieuse vallée du Reno, qu'on remonte jusqu'à Porretta et au delà. D'après le plan primitif, nous aurions dû nous arrêter à cette station, pour visiter les macigno et serpentines de l'Apen-

nin. Mais la hâte de quelques-uns, et surtout le mauvais temps, nous y avait fait renoncer. Pour nous dédommager, M. Capellini nous faisait distribuer à chacun, dans le train, la principale curiosité de l'endroit, des spécimens de *quartz aéro-hydre*, qu'il faisait, depuis plusieurs mois, récolter à notre intention. Puis, à la gare de Porretta, nous sommes reçus par toute la jeunesse masculine du lieu, enseignes déployées et municipalité en tête, pour nous inviter à une rapide collation.

A Florence, nous fûmes reçus, de même, par les autorités municipales et les professeurs de l'Institut royal des Études supérieures. Mais il était tard, et nous nous rendîmes promptement dans les quelques hôtels, de rang et prix divers, où l'on nous avait recommandé de nous grouper.

Le lendemain matin, réception officielle avec discours dans la grande salle de l'Institut, et visite des magnifiques collections, récemment installées dans un spacieux bâtiment, place San Marco. Les collections paléontologique et minéralogique sont surtout remarquables, la première par les richesses ostéologiques du Val d'Arno supérieur, la seconde par l'incomparable série de minéraux de l'île d'Elbe. Leurs directeurs nous en firent les honneurs avec beaucoup d'amabilité. Le savant minéralogiste, M. Gratarola, avait publié *ad hoc* un *Guide au Musée minéralogique*, qui nous fut distribué. Impossible de voir un laboratoire mieux monté que le sien. Le savant directeur du Musée paléontologique, M. l'abbé Stoppani et ses adjudants, MM. d'Ancona et Forsyth-Major, nous reçurent non moins aimablement dans leur domaine. C'était une vraie fête scientifique!

Vint ensuite un pèlerinage au tombeau de Sténon, géologue du XVIIme siècle, d'origine danoise, mais italianisé,

et dont les déductions scientifiques furent d'une rare sagacité pour son temps.

Ensuite liberté individuelle, visite de la ville, des promenades, des richesses artistiques. Le soir banquet offert, puis réception officielle au cercle philologique et dans les salles du Club-Alpin : le tout avec cette amabilité italienne, à nulle autre comparable.

Mercredi matin départ pour Pise. Là, même réception, encore plus cordiale si possible. A l'arrivée, déjeuner offert par les autorités municipales. Visite des musées, Jardin botanique, Faculté de médecine; puis des *lions artistiques*, Camposanto, Tour penchée, etc. Partout entrée gratuite, cela va sans dire, au vu du bouton-médaille, ici, comme à Bologne et à Florence.

L'excellent directeur du musée géologique, notre vénéré collègue M. Meneghini, quoique frappé récemment par le deuil, nous en faisait néanmoins les honneurs avec une extrême bienveillance, cherchant à nous faire voir ses richesses. Mais l'installation de ce musée est si défectueuse, et le jour mesuré si parcimonieusement, qu'il ne paraissait pas à son avantage comme celui de Florence. Pourquoi n'a-t-on rien fait pour le mieux installer, tandis qu'on a casé si magnifiquement la faculté de médecine? Celle-ci en effet est logée en prince, dans un vaste bâtiment; avec amphithéâtres grandioses, de la lumière en abondance, de spacieux vestibules, cours, etc.; des rangées de salles d'étude, de dissection, d'opérations; un musée immense dans le haut, paraissant à moitié vide, quoiqu'il renferme des richesses! N'aurait-on pas dû consacrer la moitié de ce musée, à recevoir l'incomparable collection d'anatomie comparée, que nous venions de voir dans le vieux musée où elle est beaucoup trop à l'étroit? On aurait pu faire ainsi une place convenable pour la

géologie, sans nuire aucunement à la médecine, qui aurait encore la part du lion, et dont l'anatomie comparée est d'ailleurs une branche indispensable ! C'était l'impression générale !

Le soir, de nouveau, splendide banquet offert par la municipalité, et nombreux discours; puis réception gratuite au théâtre.

Jeudi matin, de bonne heure, départ pour Carrare. Là c'était encore mieux ; la population entière s'en mêlait. Il faut dire qu'elle vit de la géologie, avec ses montagnes de marbre blanc, et ses immenses carrières. Un petit chemin de fer d'exploitation, orné pour la circonstance, nous transporta jusqu'au cœur de la vallée de marbre. C'était fête partout; un public immense nous entourait, composé, d'ouvriers, de sculpteurs, d'écoliers, etc. Partout des écriteaux, des drapeaux, des détonations répétées; des pans de rochers considérables s'écroulant sous l'effort de la dynamite.

La contrée a été récemment étudiée à fond, au point de vue géologique, par les ingénieurs du *Comitato geologico d'Italia*. On nous distribua de jolies coupes lithographiées, montrant le résultat de ces études. La série des terrains est à peu près la même que dans nos Alpes suisses. A la base les schistes cristallins; au-dessus les dépôts du Trias, Rhétien, Lias, Crétacé, et Nummulitique, avec des inflexions diverses. Les marbres statuaires sont interstratifiés, en plusieurs masses, plus ou moins lenticulaires, au milieu des terrains triasiques. Cela est prouvé maintenant, d'une manière incontestable, par quelques fossiles trouvés dans les calcaires dolomitiques gris (*grezzoni*) qui supportent les bancs inférieurs de marbre statuaire. Ces beaux marbres ne sont donc évidemment qu'une transformation métamorphique des calcaires triasiques.

Une collation rustique nous attendait à la dernière carrière, au fond de la vallée. Puis le soir, à Carrare, un magnifique banquet, offert par les autorités, réunissait plus d'une centaine de convives dans la vaste salle de l'Académie des Beaux-Arts. C'est là que nous eûmes l'occasion de remercier cette population bienveillante et enthousiaste, dans la personne de ses représentants. Enfin la foule nous reconduisit à la gare, aux flambeaux, et musique en tête. C'était une ovation dans toutes les règles, adressée, non aux personnes évidemment, mais à la géologie.

Vendredi enfin, jour de la dispersion générale, un groupe d'une vingtaine de congressistes se rendit encore à Gabbro (monts de Livourne), sous la conduite de MM. Capellini et Bosniaski, pour examiner, d'une part les euphotides, serpentines, etc.; d'autre part la stratigraphie des terrains miocènes et spécialement le fameux gisement de tripoli, qui a livré dernièrement tant de richesses, en poissons et plantes fossiles.

Nous ne pouvons finir sans adresser encore de chauds remerciements à tous nos confrères italiens, et en particulier à notre excellent président M. J. Capellini, pour leur splendide et si cordiale réception.

Lausanne, le 1er décembre 1881.

E. Renevier, prof.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1880

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

Le résumé de cette année se rapporte, ainsi que les précédents, à l'année météorologique, et non à l'année civile; la température exceptionnellement basse, à Genève du moins, du mois de décembre 1879, qui avait abaissé de quatre dixièmes de degré celle de l'année civile, comparativement à celle de l'année météorologique, contribue à abaisser notablement la température de l'année météorologique 1880. Le contraste est d'autant plus frappant, pour cette année 1880, que le mois de décembre 1880 a été presque aussi exceptionnellement chaud, à Genève, que celui de l'année précédente avait été froid :

Décembre 1879, température moy.	— 6°,08
Décembre 1880, —	+ 5,66
Différence 1880-1879	+ 11°,74

Cette différence de près de 12° entre la température de ces deux mois de décembre consécutifs entraîne une différence de près de 1° entre la température de l'année civile et de l'année météorologique pour 1880.

Au Saint-Bernard, la différence est beaucoup moins prononcée, la température des deux mois de décembre n'ayant pas varié entre des limites aussi écartées :

Décembre 1879, température moy.	— 9°,90
Décembre 1880, —	— 4,20
Différence 1880-1879	+ 5,70

La différence est moins de moitié de ce qu'elle est à Genève, et il n'y a pas même un demi-degré de différence entre la température de l'année civile et de l'année météorologique. Le décroissement de la température entre Genève et le Saint-Bernard a été de 3°,82 seulement, au mois de décembre 1879, soit de 1° pour 542 mètres ; au mois de décembre 1880, il a été de 9°,86, soit de 1° pour 210 mètres.

Suivent les tableaux donnant pour chaque station la température aux heures paires des différents mois de l'année météorologique ; les formules représentant la variation diurne de la température, l'heure étant comptée à partir de midi ; enfin les écarts entre la température observée pour chaque mois et la température normale, déduite pour Genève des 50 années 1826-75, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67.

Température a GENÈVE 1880.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	
Déc. 1879.	- 4,49	- 4,25	- 4,82	- 5,55	- 5,90	- 6,13	- 6,64	- 7,11	- 7,39	- 7,36	- 7,27	- 6,05	- 6,08	- 8,91	- 2,97
Janv. 1880	- 2,83	- 2,33	- 2,60	- 3,22	- 3,47	- 3,81	- 4,11	- 4,41	- 4,69	- 4,79	- 4,74	- 3,76	- 3,73	- 5,61	- 1,42
Février . .	+ 3,74	+ 4,48	+ 4,13	+ 3,07	+ 2,43	+ 1,83	+ 1,18	+ 0,54	- 0,01	- 0,32	- 0,03	+ 2,00	+ 1,92	- 0,94	+ 5,77
Mars . . .	+10,67	+11,67	+12,03	+10,85	+ 8,79	+ 7,12	+ 5,39	+ 3,64	+ 2,38	+ 2,83	+ 4,92	+ 7,91	+ 7,35	+ 2,12	+13,15
Avril . . .	+12,36	+13,05	+12,72	+11,60	+ 9,79	+ 9,08	+ 8,20	+ 7,30	+ 6,70	+ 7,35	+ 9,11	+10,82	+ 9,84	+ 6,28	+14,20
Mai	+14,76	+16,13	+16,40	+14,86	+12,70	+11,51	+10,41	+ 9,03	+ 8,28	+ 9,11	+11,44	+13,09	+12,31	+ 7,70	+17,54
Juin. . . .	+17,71	+18,44	+18 02	+16,39	+14,71	+13,57	+12,74	+11,71	+11,26	+12,18	+14,40	+16,34	+14,79	+10,51	+19.78
Juillet. . .	+23,10	+24,36	+24,53	+23,06	+20,70	+18,57	+16,92	+15,57	+15,35	+16,85	+19,75	+21,60	+20,03	+14,75	+25,85
Août . . .	+20,36	+21,50	+20,88	+19,61	+17,90	+16,38	+15,32	+13,82	+13,08	+14,08	+17,41	+19,08	+17,47	+12,96	+22,80
Septembre	+18,95	+19,98	+19,90	+17,75	+15,90	+14,61	+13,49	+12,06	+11,10	+11,90	+14,58	+17,22	+15,62	+11,09	+20,78
Octobre. .	+13,74	+14,08	+13,51	+12,35	+11,48	+10,71	+10,01	+ 9,23	+ 8,77	+ 9,49	+10,66	+12,53	+11,38	+ 7,81	+15,58
Novembre	+ 7,92	+ 8,49	+ 7,56	+ 6,81	+ 6,32	+ 5,99	+ 5,40	+ 4,78	+ 4,50	+ 4,63	+ 4,87	+ 6,53	+ 6,15	+ 3,40	+ 9,33
Hiver . . .	- 1,30	- 0,81	- 1,21	- 2,01	- 2,42	- 2,80	- 3,29	- 3,75	- 4,12	- 4,24	- 4,10	- 2,71	- 2,73	- 5,24	+ 0,41
Printemps	+12,60	+13,62	+13,73	+12,45	+10,43	+ 9,24	+ 8,00	+ 6,65	+ 5,78	+ 6,42	+ 8,48	+10,60	+ 9,83	+ 5,37	+14,97
Été	+20,42	+21,47	+21,07	+19,72	+17,80	+16,31	+15,02	+13,72	+13,25	+14,40	+17,22	+19,04	+17,46	+12,74	+22,87
Automne .	+13,53	+14,18	+13,65	+12,30	+11,24	+10,44	+ 9,64	+ 8,70	+ 8,13	+ 8,69	+10,04	+12,10	+11,05	+ 7,43	+15,23
Année . .	+11,34	+12,15	+11,84	+10,65	+ 9,29	+ 8,32	+ 7,36	+ 6,35	+ 5,78	+ 6,34	+ 7,94	+ 9,78	+ 8,93	+ 5,12	+13,40

Température au SAINT-BERNARD, 1880.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1879	- 8,69	- 8,53	- 9,53	- 9,94	-10,02	-10,03	-10,25	-10,64	-10,79	-10,72	-10,20	- 9,46	- 9,90
Janvier 1880 . .	- 6,77	- 6,72	- 7,56	- 8,25	- 8,57	- 8,74	- 8,87	- 8,80	- 8,78	- 8,91	- 8,85	- 7,82	- 8.22
Février	- 4,69	- 4,50	- 5,00	- 6,49	- 6,87	- 7,09	- 7,15	- 7,34	- 7,53	- 7,60	- 7,09	- 5,93	- 6.44
Mars	- 0,20	- 0,01	- 0,57	- 1,89	- 2,85	- 3,26	- 3,75	- 4,60	- 5,02	- 4,45	- 2,61	- 1,27	- 2.54
Avril	- 0,27	- 0,20	- 1,05	- 2,13	- 2,91	- 3,28	- 3,96	- 4,64	- 4,73	- 3,84	- 2,53	- 1,30	- 2.57
Mai.	+ 2,97	+ 3,26	+ 2,60	+ 1,12	+ 0,27	- 0,45	- 0,97	- 1,81	- 2,27	- 1,50	+ 0,68	+ 2.46	+ 0.53
Juin	+ 5,59	+ 5,43	+ 4,53	+ 3,39	+ 2,47	+ 1,91	+ 1,03	+ 0,11	- 0,17	+ 0,68	+ 2,73	+ 4,46	+ 2.68
Juillet	+11,36	+11,44	+10,81	+ 9,96	+ 8,57	+ 7,83	+ 7,12	+ 6,58	+ 6,38	+ 6,83	+ 8,82	+10.38	+ 8.84
Août	+ 7,44	+ 7,57	+ 6,86	+ 5,98	+ 5,36	+ 5,04	+ 4,46	+ 3,80	+ 3,50	+ 3,98	+ 5,05	+ 6,48	+ 5.46
Septembre . . .	+ 7,39	+ 7,37	+ 6,65	+ 5,81	+ 5,16	+ 4,75	+ 4,29	+ 3,55	+ 3,14	+ 3,53	+ 4,95	+ 6,29	+ 5.24
Octobre	+ 2,87	+ 2,49	+ 1,74	+ 1,04	+ 0,58	+ 0,30	+ 0,10	- 0,08	- 0,11	+ 0,34	+ 1,30	+ 2.27	+ 1.07
Novembre . . .	- 1,50	- 1,61	- 2,58	- 3,14	- 3,31	- 3,43	- 3,64	- 3,84	- 3,76	- 3,53	- 3,15	- 2,51	- 3.00
Hiver	- 6,76	- 6,63	- 7,41	- 8,27	- 8,53	- 8,65	- 8,80	- 8,96	- 9,06	- 9,11	- 8,75	- 7,78	- 8.23
Printemps . . .	+ 0,84	+ 1,03	+ 0,34	- 0,96	- 1,82	- 2,32	- 2,88	- 3,67	- 4,00	- 3,25	- 1,48	- 0,03	- 1.52
Été	+ 8,16	+ 8,18	+ 7,43	+ 6,48	+ 5,50	+ 4,96	+ 4,24	+ 3,54	+ 3,28	+ 3,86	+ 5.56	+ 7,14	+ 5.69
Automne	+ 2,92	+ 2,74	+ 1,94	+ 1,24	+ 0,81	+ 0,54	+ 0,25	- 0,12	- 0,25	+ 0,11	+ 1,03	+ 2.02	+ 1.10
Année	+ 1,31	+ 1,35	+ 0,59	- 0,36	- 0,99	- 1,35	- 1,78	- 2,29	- 2,50	- 2,09	- 0,89	+ 0,36	- 0.72

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1880.

Décembre 1879	$t = -6{,}08 + 1{,}41 \sin(\mu + 38{,}4) + 0{,}52 \sin(2\mu + 61{,}4) + 0{,}22 \sin(3\mu + 41{,}8)$
Janvier 1880	$t = -3{,}73 + 1{,}09 \sin(\mu + 32{,}7) + 0{,}38 \sin(2\mu + 47{,}9) + 0{,}10 \sin(3\mu + 44{,}2)$
Février	$t = +1{,}92 + 2{,}36 \sin(\mu + 39{,}2) + 0{,}69 \sin(2\mu + 53{,}1) + 0{,}16 \sin(3\mu + 64{,}9)$
Mars	$t = +7{,}35 + 4{,}73 \sin(\mu + 33{,}8) + 0{,}60 \sin(2\mu + 76{,}9) + 0{,}15 \sin(3\mu + 216{,}2)$
Avril	$t = +9{,}84 + 2{,}99 \sin(\mu + 47{,}8) + 0{,}45 \sin(2\mu + 71{,}9) + 0{,}21 \sin(3\mu + 253{,}1)$
Mai	$t = +12{,}31 + 3{,}48 \sin(\mu + 42{,}8) + 0{,}31 \sin(2\mu + 57{,}5) + 0{,}40 \sin(3\mu + 264{,}7)$
Juin	$t = +14{,}79 + 3{,}42 \sin(\mu + 53{,}2) + 0{,}45 \sin(2\mu + 82{,}2) + 0{,}25 \sin(3\mu + 260{,}7)$
Juillet	$t = +20{,}03 + 4{,}53 \sin(\mu + 49{,}0) + 0{,}11 \sin(2\mu + 181{,}1) + 0{,}32 \sin(3\mu + 254{,}6)$
Août	$t = +17{,}47 + 3{,}87 \sin(\mu + 49{,}5) + 0{,}48 \sin(2\mu + 113{,}6) + 0{,}36 \sin(3\mu + 254{,}4)$
Septembre	$t = +15{,}62 + 4{,}19 \sin(\mu + 46{,}9) + 0{,}65 \sin(2\mu + 79{,}0) + 0{,}31 \sin(3\mu + 252{,}8)$
Octobre	$t = +11{,}38 + 2{,}45 \sin(\mu + 50{,}9) + 0{,}51 \sin(2\mu + 86{,}7) + 0{,}05 \sin(3\mu + 329{,}0)$
Novembre	$t = +6{,}15 + 1{,}76 \sin(\mu + 42{,}2) + 0{,}57 \sin(2\mu + 65{,}9) + 0{,}20 \sin(3\mu + 35{,}6)$

Formules de la variation diurne de la température au St-Bernard, pendant l'année 1880.

Décembre 1879	$t = -9{,}90 + 0{,}87 \sin(\mu + 57{,}6) + 0{,}45 \sin(2\mu + 86{,}0) + 0{,}15 \sin(3\mu + 32{,}0)$
Janvier 1880	$t = -8{,}22 + 0{,}96 \sin(\mu + 63{,}6) + 0{,}50 \sin(2\mu + 52{,}8) + 0{,}20 \sin(3\mu + 66{,}1)$
Février	$t = -6{,}44 + 1{,}38 \sin(\mu + 58{,}7) + 0{,}63 \sin(2\mu + 52{,}9) + 0{,}10 \sin(3\mu + 20{,}2)$
Mars	$t = -2{,}54 + 2{,}31 \sin(\mu + 57{,}3) + 0{,}55 \sin(2\mu + 93{,}1) + 0{,}18 \sin(3\mu + 272{,}2)$
Avril	$t = -2{,}57 + 2{,}11 \sin(\mu + 62{,}7) + 0{,}45 \sin(2\mu + 100{,}2) + 0{,}13 \sin(3\mu + 330{,}2)$
Mai	$t = +0{,}53 + 2{,}57 \sin(\mu + 61{,}3) + 0{,}58 \sin(2\mu + 105{,}8) + 0{,}21 \sin(3\mu + 248{,}5)$
Juin	$t = +2{,}68 + 2{,}66 \sin(\mu + 60{,}3) + 0{,}65 \sin(2\mu + 111{,}0) + 0{,}06 \sin(3\mu + 347{,}7)$
Juillet	$t = +8{,}84 + 2{,}54 \sin(\mu + 58{,}9) + 0{,}40 \sin(2\mu + 97{,}7) + 0{,}13 \sin(3\mu + 203{,}3)$
Août	$t = +5{,}46 + 1{,}84 \sin(\mu + 54{,}5) + 0{,}44 \sin(2\mu + 94{,}7) + 0{,}06 \sin(3\mu + 321{,}8)$
Septembre	$t = +5{,}24 + 1{,}92 \sin(\mu + 54{,}7) + 0{,}56 \sin(2\mu + 96{,}6) + 0{,}03 \sin(3\mu + 264{,}8)$
Octobre	$t = +1{,}07 + 1{,}37 \sin(\mu + 76{,}0) + 0{,}40 \sin(2\mu + 98{,}6) + 0{,}04 \sin(3\mu + 128{,}2)$
Novembre	$t = -3{,}00 + 0{,}98 \sin(\mu + 69{,}8) + 0{,}40 \sin(2\mu + 78{,}3) + 0{,}18 \sin(3\mu + 36{,}8)$

ÉPOQUE.	ÉCARTS. Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
	°	°	°
Décembre 1879..	—6,88	—2,31	—4,57
Janvier 1880....	—3,65	+0,82	—4,47
Février	+0,32	+2,17	—1,85
Mars...........	+2,75	+4,78	—2,03
Avril...........	+0,87	+0,70	+0,17
Mai............	—0,89	+0,02	—0,91
Juin...........	—2,02	—1,41	—0,61
Juillet	+1,22	+2,68	—1,46
Août...........	—0,44	—0,52	+0,08
Septembre......	+0,96	+1,92	—0,96
Octobre........	+1,50	+1,55	—0,05
Novembre	+1,90	+2,30	—0,40
Hiver 1880	—3,48	+0,17	—3,65
Printemps	+0,91	+1,84	—0,93
Été............	—0,39	+0,27	—0,66
Automne	+1,35	+1,92	—0,57
Année 1880.....	—0,41	+1,04	—1,45

La température du mois de décembre 1879 est tout à fait exceptionnelle, l'écart négatif dépasse 4 fois la valeur de l'écart probable, et il est de 1°,57 plus fort que pour l'année 1871, dans laquelle le mois de décembre avait été jusqu'alors le plus froid, à partir de l'année 1826. L'on trouve du reste quelques détails sur ce mois dans le tableau des observations météorologiques, pages 74 et 75 du t. III des Archives des sciences physiques et naturelles.

Le mois de janvier a été également exceptionnellement froid, quoique à un degré moins prononcé, car on trouve depuis l'année 1826 4 mois de janvier plus froids, savoir en 1826, en 1830, en 1838 et en 1848, le maximum ayant eu lieu en 1830, dont le mois de janvier a été de 2°,40 plus froid qu'en 1880. La persistance du froid pendant les deux mois de décembre et de janvier est la cause de la température très basse de l'hiver 1880, que l'écart positif très faible du mois de février a très peu

contribué à relever; aussi l'écart négatif pour les trois mois d'hiver s'élève-t-il à — 3°,48, c'est-à-dire à 3 fois la valeur de l'écart probable ; ce chiffre est plus fort que pour aucune année depuis 1826, sauf pour 1830, où il a été de près d'un degré plus fort, de — 4°,34. Les deux hivers les plus froids dans notre série d'observations, qui embrasse 55 années, sont ainsi à un demi-siècle d'intervalle, en 1830 et en 1880.

Par contre, le printemps a été de près d'un degré plus chaud que de coutume, et cela grâce à la température exceptionnellement élevée du mois de mars, pour lequel l'écart positif est de + 2°,75, soit près de deux fois et demie plus fort que l'écart probable. Depuis 1826, on trouve trois années, 1831, 1836 et 1873, pour lesquelles la température du mois de mars dépasse 7°, mais ne s'élève pas tout à fait au chiffre atteint en 1880.

Si l'été a été un peu plus froid que de coutume, mais d'une quantité rentrant dans les limites de l'écart probable, cela tient à la température exceptionnellement basse du mois de juin, pour lequel l'écart négatif est de — 2°, plus du double de l'écart probable. On trouve néanmoins des mois de juin plus froids en 1843, 1847 et 1871. Enfin l'automne a été exceptionnellement chaud, l'excédent étant plus du double de l'écart probable ; cet excédent tient plus à la persistance d'une température élevée pendant ces trois mois, qu'à un chiffre exceptionnel pour l'un d'entre eux ; l'on trouve plusieurs années pour lesquelles les mois de septembre, d'octobre et de novembre, pris individuellement, ont été plus chauds qu'en 1880, mais c'est en 1834 et 1865 seulement, que la saison entière a été sensiblement plus chaude, en 1834 de 0°,44, en 1865 de 0°,19, enfin en 1872 la différence est d'un centième de degré seulement.

Par suite du froid exceptionnel de l'hiver, la température moyenne de l'année météorologique 1880 a été plus basse que de coutume ; toutefois, l'écart négatif — 0°,41 rentre dans les limites de l'écart probable.

Au Saint-Bernard, par contre, la température a été en moyenne dans l'année notablement plus élevée que de coutume ; l'hiver et l'été présentent un écart positif quoique très faible, mais le printemps et l'automne accusent des températures exceptionnellement élevées. Du reste, tant que les valeurs normales pour cette station n'auront pas été déduites d'observations embrassant un plus grand nombre d'années, on ne peut pas les regarder comme définitives, pour ainsi dire, et susceptibles seulement de très légères variations, comme c'est le cas pour Genève. Jusqu'à présent elles sont basées sur les 27 années 1841-67, mais nous pouvons les calculer maintenant d'après les 40 années 1841-1880, travail qui sera fait très prochainement.

Les tableaux suivants renferment, sous la même forme que dans les résumés antérieurs, les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température. A Genève, le jour le plus froid, —10°92, tombe sur le 11 décembre (1879), et le jour le plus chaud + 26°,41 sur le 19 juillet, ce qui donne une amplitude de 37°,33 pour la différence entre le jour le plus chaud et le jour le plus froid de l'année. La différence entre la température moyenne des deux mêmes mois, qui ont été, l'un le plus chaud, l'autre le plus froid de l'année, est de 26°,11. Si le plus fort écart négatif sur la température d'un jour, comparée à la valeur normale, tombe sur le jour le plus froid, le 11 décembre, pour lequel il est de — 12°,04, le plus fort écart positif ne

tombe pas sur le jour le plus chaud, le 19 juillet, pour lequel il est de + 7°,53, mais sur le 21 février, pour lequel il est de + 8°,91. On trouve encore des écarts négatifs très forts : le 21 janvier de—8°77, et de—7°,11 le 8 mai, et des écarts positifs très forts de + 7°,10 le 27 mai, de + 8°,58 le 28 octobre, et de + 7°,13 le 15 novembre.

Au Saint-Bernard, le jour le plus froid de l'année — 21°,89 tombe sur le 7 décembre (1879), et le jour le plus chaud + 15°,18 sur le 19 juillet, le même jour qu'à Genève, ce qui donne une amplitude de 37°,07 pour la différence entre le jour le plus chaud et le jour le plus froid de l'année. Cette différence est presque égale à celle que l'on avait trouvée à Genève, tandis que la différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est beaucoup plus faible, de 18°,74 seulement, au lieu de 26°,11. L'écart négatif maximum d'un jour — 14°,68 tombe bien au Saint-Bernard sur le jour le plus froid de l'année, le 7 décembre (1879), mais l'écart positif maximum + 12°,87 tombe sur le 6 mars ; l'écart positif du jour le plus chaud, le 19 juillet, est de + 8°,95 seulement. On trouve encore des écarts négatifs très forts pour un jour : de — 9°,37 le 16 janvier, de — 7°,40 le 30 mai, de — 7°,59 le 3 août, et de — 7°,81 le 30 octobre, des écarts positifs très forts de + 7°,48 le 20 février, de + 7°,74 le 27 octobre et de + 8°,95 le 14 novembre.

Pendant les trois mois de l'hiver 1880, on ne rencontre pas un seul jour, pour lequel la température moyenne des 24 heures se soit élevée jusqu'à 0 au Saint-Bernard, et le mois de juillet est le seul pour lequel on ne trouve aucun jour, dont la température se soit abaissée au-dessous

de 0; il y en a 1 au mois d'août, 4 au mois de septembre et 6 en juin.

J'ai relevé également pour Genève la température moyenne de 5 jours en 5 jours pour l'année civile, du 1er janvier au 31 décembre 1880, en inscrivant à côté l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 50 années 1826-1875. Lorsque l'écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, le chiffre est mis entre parenthèses. Sur les 73 pentades, on en trouve 41 avec le signe +, et 32 avec le signe — pour l'écart ; sur les 41 écarts positifs, il s'en trouve plus de la moitié, 26, qui dépassent les limites de l'écart probable ; sur ce nombre, il y en a 6 du milieu de février au milieu de mars, 3 dans la seconde moitié de juillet, 3 au commencement de septembre, enfin 9 à la fin de l'année, du milieu de novembre à la fin de décembre. L'écart positif maximum + 7°,57 tombe sur la dernière pentade, du 27 au 31 décembre. Sur les 32 écarts négatifs, 16, c'est-à-dire la moitié, dépassent les limites de l'écart probable, et l'écart négatif maximum tombe sur la période du 21 au 25 janvier. Depuis le 6 janvier jusqu'au 9 février, le froid a été rigoureux, et l'on compte 7 pentades consécutives avec de forts écarts négatifs ; au commencement d'août, il y a eu également 3 pentades consécutives relativement très froides. La moyenne arithmétique des 73 pentades donne 9°,94 pour la température moyenne de l'année civile, soit 0°59 d'excédent sur la moyenne.

La période du 15 au 19 juillet donne le chiffre le plus élevé pour la température d'une pentade + 23°,87 ; celle du 21 au 25 janvier donne le chiffre le plus bas — 7°,01 ; l'amplitude entre ces extrêmes est de 30°,88.

GENÈVE, 1880.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids	froids		tempérés		chauds		très chauds		
	-11° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1879 .	22	7	2	—	—	—	—	—	-10°,92 le 11	+ 4°,90 le 31
Janv. 1880.	10	18	3	—	—	—	—	—	- 8,77 le 21	+ 3,88 le 1
Février. . .	1	8	13	6	1	—	—	—	- 5,72 le 7	+10,94 le 21
Mars	—	—	4	25	2	—	—	—	+ 2,85 le 22	+10,14 le 27
Avril	—	—	—	14	16	—	—	—	+ 5,39 le 8	+14,69 le 22
Mai	—	—	1	6	15	8	1	—	+ 4,96 le 8	+21,80 le 27
Juin	—	—	—	1	12	16	1	—	+ 9,10 le 1	+22,10 le 30
Juillet . . .	—	—	—	—	—	18	10	3	+15,64 le 10	+26,41 le 19
Août	—	—	—	—	3	27	1	—	+12,05 le 3	+20,09 le 20
Septembre.	—	—	—	—	18	8	4	—	+10,22 le 29	+20,70 le 7
Octobre . .	—	—	1	11	13	6	—	—	+ 2,69 le 31	+16,26 le 28
Novembre .	—	—	13	14	3	—	—	—	+ 2,12 le 22	+11,71 le 15
Année . . .	33	33	37	77	83	83	17	3	-10,92 le 11 Déc. 1879.	+26,41 le 19 Juillet 1880.

GENÈVE, 1880. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1879	29	2	1	± 7°,45	-12°,04 le 11	+ 5°,08 le 31	± 1°,94	- 7°,60 le 29	+ 4°,47 le 16
Janvier 1880	26	5	3	3,93	8,77 le 21	4,06 le 1	1,40	3.23 le 14	6.10 le 18
Février . . .	12	17	3	3,24	6,52 le 7	8,91 le 21	1,48	4,64 le 8	5,03 le 21
Mars	5	26	4	3,01	2,66 le 22	6,67 le 5	1,15	2,62 le 10	3,83 le 12
Avril	10	20	5	2,21	5,35 le 30	4,90 le 17	1,76	2,92 le 19	5,66 le 29
Mai	19	12	6	2,58	7,11 le 8	7,10 le 27	2,06	3,40 le 11	5,68 le 7
Juin	3	27	3	2,48	6,24 le 1	3,94 le 30	1,79	5,10 le 2	3,66 le 3
Juillet	12	19	9	2,46	3,03 le 10	7,53 le 19	1.77	5,16 le 28	5,73 le 20
Août	14	17	3	1,99	6,65 le 3	2,04 le 31	0,80	2,27 le 4	2.77 le 1
Septembre .	11	19	5	2,03	3,27 le 17	5,97 le 5	1,16	3,25 le 21	2,35 le 5
Octobre . . .	12	19	7	2,99	4,45 le 31	8.58 le 28	2,19	8,66 le 26	6,95 le 28
Novembre . .	11	19	5	3,12	4,77 le 1	7,13 le 15	1,71	4,03 le 18	4,99 le 20
Année . . .	164	202	54	± 3,12	-12,04 le 11 déc.	+ 8,91 le 21 février.	± 1,60	- 8,66 le 26 octobre.	+ 6.95 le 28 octobre.

SAINT-BERNARD, 1880.

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−22° et −15	−15° et −10	−10° et −5	−5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1879.	8	6	5	12	—	—	—	—	−21°,89 le 7	− 1°,93 le 25
Janvier 1880 . .	2	8	11	10	—	—	—	—	−18,34 le 16	− 1,90 le 4
Février	—	2	19	8	—	—	—	—	−10,77 le 27	− 1,21 le 20
Mars	—	1	4	20	6	—	—	—	−11,00 le 23	+ 4,95 le 6
Avril	—	—	7	17	6	—	—	—	− 7,45 le 8	+ 2,79 le 25
Mai	—	—	1	14	9	7	—	—	− 7,15 le 8	+ 8,67 le 27
Juin	—	—	—	6	19	5	—	—	− 2,82 le 6	+ 9,21 le 29
Juillet	—	—	—	—	4	16	11	—	+ 2,05 le 5	+15,18 le 19
Août	—	—	—	1	10	20	—	—	− 1,20 le 3	+ 9,86 le 20
Septembre . . .	—	—	—	4	8	16	2	—	− 1,29 le 17	+10,61 le 4
Octobre.	—	1	2	9	16	3	—	—	−10,69 le 30	+ 8,10 le 1
Novembre . . .	—	—	8	18	4	—	—	—	− 9,19 le 3	+ 4,05 le 14
Année	10	18	57	119	82	67	13	—	−21,89 le 7 décembre.	+15,18 le 19 juillet.

SAINT-BERNARD, 1880. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1879 . .	15	16	5	±6°,16	-14°,68 le 7	+ 6°,53 le 29	±2°,61	- 8°,00 le 15	+10°,52 le 4
Janvier 1880.	12	19	2	4,02	9,37 le 16	6,77 le 4	1,76	5,76 le 16	4.57 le 18
Février . . .	4	25	6	2,81	2,38 le 27	7,48 le 20	1,86	5,39 le 18	4,74 le 26
Mars	3	28	2	4,99	4,53 le 23	12,87 le 6	1,59	5,36 le 5	3.68 le 8
Avril	12	18	6	2,06	2,84 le 8	5,08 le 25	1,52	5.73 le 2	6,92 le 4
Mai	15	16	6	3,46	7,40 le 30	6,60 le 27	2,30	7,55 le 23	7,37 le 7
Juin	22	8	5	2,32	6,05 le 6	3,95 le 29	1,78	6,68 le 6	2,73 le 25
Juillet	7	24	11	3,40	3,58 le 5	8,95 le 19	2,37	5,15 le 23	5.28 le 26
Août	12	19	5	2,37	7,59 le 3	3,96 le 20	1,82	7.39 le 4	3,24 le 21
Septembre .	8	22	4	3,14	4,69 le 17	5,80 le 4	1.44	3,91 le 29	3,45 le 12
Octobre. . .	10	21	5	3,51	7,81 le 30	7,74 le 27	2,47	8,79 le 25	8.21 le 29
Novembre. .	7	23	3	3,40	5,75 le 3	8,95 le 14	0,71	1,83 le 18	1,59 le 17
Année . . .	127	239	60	±3,47	-14,68 le 7 décembre.	+12.87 le 6 mars.	±1,85	- 8,79 le 25 octobre.	+10,52 le 4 décembre.

1880. Température de 5 en 5 jours, à Genève.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 0,49	+0,71	30– 4 Juillet	+19,49	+1,21
6–10 id.	– 3,07	(–2,75)	5– 9 id.	+17,36	–1,18
11–15 id.	– 3,10	(–2,80)	10–14 id.	+18,32	–0,41
16–20 id.	– 3,50	(–3,30)	15–19 id.	+23,87	(+5,02)
21–25 id.	– 7,01	(–6,98)	20–24 id.	+21,03	(+2,14)
26–30 id.	– 6,00	(–6,21)	25–29 id.	+20,92	(+2,05)
31– 4 Février	– 3,78	(–4,29)	30– 3 Août	+16,19	(–2,58)
5– 9 id.	– 3,57	(–4,44)	4– 8 id.	+15,53	(–3,06)
10–14 id.	+ 1,90	+0,62	9–13 id.	+16,45	(–1,89)
15–19 id.	+ 4,37	(+2,63)	14–18 id.	+19,45	+1,42
20–24 id.	+ 7,04	(+4,81)	19–23 id.	+18,72	+1,07
25– 1 Mars	+ 4,55	+1,79	24–28 id.	+18,53	+1,32
2– 6 Mars	+ 8,79	(+5,47)	29– 2 Septemb.	+18,60	(+1,90)
7–11 id.	+ 8,20	(+4,30)	3– 7 id.	+20,49	(+4,36)
12–16 id.	+ 7,41	(+2,90)	8–12 id.	+18,35	(+2,83)
17–21 id.	+ 5,61	+0,48	13–17 id.	+13,55	–1,30
22–26 id.	+ 5,27	–0,50	18–22 id.	+13,20	–0,93
27–31 id.	+ 9,05	(+2,62)	23–27 id.	+13,92	+0,55
1– 5 Avril	+ 8,56	+1,46	28– 2 Octobre	+11,93	–0,64
6–10 id.	+ 6,14	–1,65	3– 7 id.	+15,42	(+3,68)
11–15 id.	+ 9,52	+1,03	8–12 id.	+ 9,97	–0,91
16–20 id.	+12,90	(+3,71)	13–17 id.	+ 9,12	–0,88
21–25 id.	+12,64	(+2,73)	18–22 id.	+13,75	(+4,64)
26–30 id.	+ 9,29	–1,34	23–27 id.	+10,28	(+2,07)
1– 5 Mai	+10,84	–0,51	28– 1 Novemb.	+ 7,21	–0,11
6–10 id.	+ 7,87	(–4,20)	2– 6 id.	+ 3,95	(–2,49)
11–15 id.	+13,32	+0,54	7–11 id.	+ 4,90	–0,67
16–20 id.	+11,73	–1,76	12–16 id.	+ 9,11	(+4,37)
21–25 id.	+14,54	+0,37	17–21 id.	+ 7,12	(+3,17)
26–30 id.	+15,80	+0,97	22–26 id.	+ 6,04	(+2,84)
31– 4 Juin	+11,46	(–4,00)	27– 1 Décemb.	+ 5,60	(+3,09)
5– 9 id.	+13,20	(–2,86)	2– 6 id.	+ 2,55	+0,67
10–14 id.	+14,24	(–2,37)	7–11 id.	+ 5,33	(+4,01)
15–19 id.	+15,76	–1,35	12–16 id.	+ 7,02	(+6,18)
20–24 id.	+15,50	(–2,06)	17–21 id.	+ 6,69	(+6,25)
25–29 id.	+16,36	–1,60	22–26 id.	+ 5,79	(+5,67)
			27–31 id.	+ 7,46	(+7,57)

GENÈVE, 1880. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

ÉPOQUE.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Déc. 1879 . . .	—15,0	le 12	+ 8,0	le 5, 31	29	26
Janv. 1880 . .	—12,2	le 22	+ 6,4	le 1	30	21
Février.	— 8,0	le 1	+ 15,7	le 21	16	7
Mars.	— 2,1	le 22	+ 17,5	le 5, 7	8	0
Avril.	+ 0,9	le 2	+ 21,0	le 20	0	0
Mai	+ 2,5	le 20	+ 28,4	le 27	0	0
Juin	+ 7,2	le 6	+ 28,9	le 30	0	0
Juillet.	+ 9,4	le 6	+ 33,5	le 19	0	0
Août.	+ 8,0	le 4	+ 26,4	le 20	0	0
Septembre . . .	+ 5,0	le 21	+ 28,6	le 5	0	0
Octobre	— 1,3	le 26	+ 24,1	le 6	2	0
Novembre . . .	— 3,6	le 1	+ 18,2	le 14	3	0
Année	—15,0	le 12 déc.	+ 33,5	le 19 juill.	88	54

SAINT-BERNARD, 1880.

Époque.	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1879.	—23°,1	le 7	+ 0°,7	le 25
Janv. 1880	—21,9	le 16	+ 0,8	le 4
Février. . .	—14,3	le 28	+ 3,2	le 20
Mars.	—12,5	le 24	+ 8,6	le 6
Avril.	—10,5	le 2	+ 7,6	le 24
Mai.	— 8,0	le 9	+12,4	le 26
Juin.	— 5,5	le 6	+13,5	le 30
Juillet. . . .	— 0,9	le 5	+18,4	le 19
Août.	— 2,0	le 4	+13,2	le 21
Septembre.	— 2,9	le 21	+13,4	le 4
Octobre . .	—12,3	le 30	+11,1	le 1
Novembre.	—10,1	le 18	+ 6,4	le 14
Année. . . .	—23,1	le 7 déc.	+18,4	le 19 juillet.

Malgré le froid exceptionnel de l'hiver, le minimum absolu de l'année météorologique enregistré au thermométrographe est de — 15°,0, le 12 décembre (1879), soit seulement de 2°,2 plus bas que la moyenne du minimum absolu d'après les 50 années 1826-75. C'est la

persistance d'une température basse pendant les mois de décembre et de janvier, plutôt qu'un abaissement extraordinaire de la température qui donne le caractère de cet hiver; pendant ces deux mois, le minimum s'est abaissé presque chaque nuit au-dessous de 0, il n'y a eu que deux exceptions en décembre et une en janvier. En décembre il n'y a eu que 5 jours où le maximum se soit élevé au-dessus de 0, et 10 en janvier.

Le maximum absolu de l'année, de + 33°,5 le 19 juillet, est de 1° degré plus élevé que la moyenne du maximum moyen. L'amplitude totale de l'excursion thermométrique pendant l'année est de 48°,5. C'est le 26 mars, que le minimum s'est abaissé pour la dernière fois au-dessous de 0 au printemps, soit 24 jours plus tôt que de coutume, la date moyenne étant le 19 avril; il y a eu encore de faibles gelées blanches le 29 et le 31 mars, le minimum accusant + 2°, il n'y en a pas eu plus tard. Le 26 octobre, soit 3 jours plus tôt que de coutume, le minimum s'est abaissé pour la première fois au-dessous de 0 en automne; à la même date a eu lieu la première gelée blanche.

Au Saint-Bernard, où à défaut de thermométrographes l'on peut indiquer seulement les valeurs extrêmes des lectures directes du thermomètre, on trouve dans tous les mois, même en juillet, des lectures négatives, de même que dans tous les mois, même en décembre et en janvier, des lectures positives. Les extrêmes sont — 23°,1 le 7 décembre, et + 18°,4 le 19 juillet, ce qui donne 41°,5 pour l'amplitude de l'excursion thermométrique. Le petit lac près de l'hospice a été complètement débarrassé de la glace qui le recouvrait le 7 juillet, soit un peu plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu le 30 octobre.

Température du Rhône en 1880.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédent sur la moyenne 1853-1875	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1879 . .	+ 4,07	−2,54	+ 2,8 le 9	+ 6,9 le 1	+10,15
Janvier 1880 . . .	+ 3,22	−1,89	+ 2,4 le 30 et 31	+ 4,0 le 3	+ 6,95
Février	+ 3,63	−1,33	+ 1,9 le 2	+ 4,8 le 26	+ 1,71
Mars	+ 6,94	+0,82	+ 4,7 le 1	+ 9,2 le 31	− 0,41
Avril	+ 9,56	+0,78	+ 7,5 le 5, 6, 8 et 10	+12,7 le 26	− 0,28
Mai	+11,69	−0,03	+ 8,1 le 10	+13,6 le 18	− 0,62
Juin	+12,45	−2,89	+10,2 le 25	+16,6 le 30	− 2,34
Juillet	+17,29	−0,80	+11,7 le 5	+22,0 le 17	− 2,74
Août	+17,15	−1,50	+10,1 le 9	+20,7 le 20	− 0,32
Septembre.	+17,46	+0,39	+ 9,7 le 18	+21,7 le 7 et 8	+ 1,84
Octobre	+14,29	+0,31	+ 8,2 le 23	+16,5 le 1 et 2	+ 2,91
Novembre	+ 9,91	+0,28	+ 7,0 le 19 et 20	+11,7 le 2	+ 3,76
Année.	+10,64	−0,70	+ 1,9 le 2 février.	+22,0 le 17 juillet.	+1,71

Température du Rhône en 1880.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1879*	±2,55	— 4,3 le 9	—1,0 le 1	±0,32	0,7 le 4 et 10	1,0 le 3
Janvier 1880* .	1,82	— 2,4 le 30 et 31	—1,2 le 17	0,14	0,3 le 2, 14 et 22	0,3 le 20 et 29
Février*. . . .	1,36	— 2,9 le 2	—0,5 le 26	0,30	1,2 le 2	0,4 le 11
Mars.	0,93	— 0,7 le 1	+2,0 le 17 et 31	0,24	0,7 le 10 et 16	0,8 le 17
Avril	1,15	— 0,6 le 12	+3,1 le 26	0,40	0,8 le 9	1,3 le 29
Mai	1,20	— 3,0 le 10	+2,0 le 4 et 5	0,83	2,5 le 10	2,3 le 27
Juin*	2,82	— 6,2 le 25	—0,2 le 19 et 30	0,79	1,9 le 28	2,4 le 21
Juillet	2,20	— 5,5 le 5	+3,9 le 17	1,78	3,6 le 28	7,1 le 26
Août.	2,57	— 8,7 le 9	+2,2 le 31	1,00	4,3 le 10	1,9 le 24
Septembre . .	2,30	— 7,3 le 18	+3,9 le 8	0,77	2,1 le 23	5,1 le 16
Octobre	0,97	— 4,7 le 23	+1,4 le 20	0,56	1,0 le 28	5,4 le 22
Novembre . .	0,80	— 2,3 le 19	+1,4 le 30	0,40	3,0 le 17	1,2 le 23

* Pendant les mois de décembre, janvier, février et juin, l'écart a été négatif pour tous les jours.

GENÈVE, 1880. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1879	734,03	+0,24	-0,18	-0,14	+0,06	+0,18	+0,23	-0,03	-0,36	-0,58	-0,30	+0,17	+0,71
Janvier 1880 .	734,70	+0,23	-0,35	-0,39	-0,22	+0,07	+0,25	+0,10	-0,14	-0,26	-0,05	+0,20	+0,56
Février	727,02	+0,34	-0,39	-0,58	-0,42	-0,19	+0,02	-0,04	-0,17	-0,17	+0,26	+0,63	+0,71
Mars	729,05	+0,37	-0,49	-0,94	-0,76	-0,35	+0,02	-0,03	-0,19	-0,04	+0,54	+0,97	+0,90
Avril	722,99	+0,18	-0,30	-0,54	-0,44	+0,03	+0,30	+0,13	-0,26	-0,30	+0,17	+0,45	-0,58
Mai	724,71	+0,01	-0,41	-0,74	-0,60	-0,08	+0,22	+0,19	+0,04	+0,08	+0,39	+0,47	+0,42
Juin	725,72	+0,03	-0,48	-0,66	-0,51	-0,09	+0,40	+0,30	+0,01	-0,02	+0,30	+0,42	+0,30
Juillet	727,23	+0,12	-0,28	-0,56	-0,66	-0,30	+0,17	+0,17	+0,01	+0,05	+0,32	+0,48	+0,46
Août.	725,42	+0,07	-0,33	-0,47	-0,48	-0,03	+0,36	+0,20	-0,11	-0,12	+0,19	+0,39	+0,33
Septembre . .	728,44	+0,14	-0,30	-0,60	-0,45	+0,05	+0,18	+0,07	-0,14	-0,13	+0,17	+0,47	+0,53
Octobre	724,89	+0,29	-0,13	-0,32	-0,10	+0,05	+0,05	-0,14	-0,37	-0,42	-0,05	+0,47	+0,66
Novembre . . .	728,00	+0,10	-0,37	-0,39	-0,04	+0,16	+0,37	+0,10	-0,27	-0,44	-0,12	+0,32	+0,58
Hiver	732,03	+0,27	-0,31	-0,36	-0,18	+0,03	+0,17	+0,01	-0,22	-0,34	-0,04	+0,32	+0,66
Printemps. . .	725,61	+0,19	-0,40	-0,74	-0,60	-0,13	+0,18	+0,10	-0,14	-0,09	+0,37	+0,63	+0,63
Été	726,12	+0,07	-0,36	-0,56	-0,55	-0,14	+0,31	+0,22	-0,03	-0,03	+0,27	+0,43	+0,36
Automne . . .	727,09	+0,18	-0,27	-0,44	-0,20	+0,09	+0,20	+0,01	-0,26	-0,33	0,00	+0,42	+0,59
Année	727,70	+0,18	-0,34	-0,52	-0,38	-0,04	+0,22	+0,08	-0,16	-0,20	+0,15	+0,45	+0,56

SAINT-BERNARD, 1880. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1879.	564,47	+0,13	+0,02	+0,03	+0,09	+0,23	+0,35	+0,12	-0,27	-0,51	-0,37	-0,09	+0,24
Janvier 1880 . .	565,94	+0,07	-0,05	-0,05	+0,06	+0,18	+0,23	+0,08	-0,20	-0,32	-0,15	0,00	+0,14
Février	562,19	+0,10	-0,07	-0,09	+0,01	+0,10	+0,12	-0,06	-0,21	-0,19	+0,03	+0,10	+0,16
Mars	565,61	+0,06	-0,05	-0,14	-0,04	+0,10	+0,24	+0,15	-0,11	-0,22	-0,05	0,00	+0,07
Avril	560,99	+0,04	-0,03	-0,04	+0,04	+0,26	+0,42	+0,27	-0,12	-0,39	-0,34	-0,12	+0,01
Mai	563,22	-0,02	+0,02	-0,01	+0,06	+0,26	+0,45	+0,35	-0,04	-0,35	-0,33	-0,26	-0,13
Juin	565,35	+0,03	+0,01	+0,03	+0,06	+0,19	+0,37	+0,30	-0,09	-0,37	-0,29	-0,18	-0,06
Juillet	569,75	-0,02	-0,01	-0,03	-0,04	+0,10	+0,29	+0,25	-0,04	-0,21	-0,14	-0,10	-0,04
Août	566,77	-0,02	+0,02	+0,01	+0,06	+0,19	+0,34	+0,24	-0,05	-0,27	-0,25	-0,20	-0,08
Septembre . . .	568,70	+0,04	+0,04	+0,05	+0,09	+0,26	+0,36	+0,18	-0,21	-0,39	-0,27	-0,18	+0,02
Octobre.	564,33	+0,04	-0,07	+0,01	+0,10	+0,20	+0,24	+0,06	-0,19	-0,33	-0,14	-0,03	+0,11
Novembre . . .	564,59	+0,05	-0,09	-0,08	-0,06	+0,18	+0,33	+0,15	-0,14	-0,31	-0,20	-0,04	+0,10
Hiver	564,24	+0,10	-0,03	-0,04	+0,05	+0,17	+0,23	+0,05	-0,23	-0,34	-0,16	0,00	+0,18
Printemps . . .	563,29	+0,03	-0,02	-0,06	+0,02	+0,21	+0,37	+0,26	-0,09	-0,32	-0,24	-0,13	-0,02
Été	567,31	0,00	+0,01	0,00	+0,03	+0,16	+0,33	+0,26	-0,06	-0,28	-0,23	-0,16	-0,06
Automne	565,86	+0,04	-0,04	-0,01	+0,04	+0,21	+0,31	+0,13	-0,18	-0,34	-0,20	-0,08	+0,08
Année	565,18	+0,04	-0,02	-0,03	+0,04	+0,19	+0,31	+0,18	-0,14	-0,32	-0,21	-0,09	+0,04

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver	167,79	+0,17	-0,28	-0,32	-0,23	-0,14	-0,06	-0,04	+0,01	0,00	+0,12	+0,32	+0,48
Printemps . . .	162,32	+0,16	-0,38	-0,68	-0,62	-0,34	-0,19	-0,16	-0,05	+0,23	+0,61	+0,76	+0,65
Été	158,81	+0,07	-0,37	-0,56	-0,58	-0,30	-0,02	-0,04	+0,03	+0,25	+0,50	+0,59	+0,42
Automne	161,23	+0,14	-0,23	-0,43	-0,24	-0,12	-0,11	-0,12	-0,08	+0,01	+0,20	+0,50	+0,51
Année	162,52	+0,14	-0,32	-0,49	-0,42	-0,23	-0,09	-0,10	-0,02	+0,12	+0,36	+0,54	+0,52

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1880.

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1879.	b = 734,03	+0,20 sin (μ + 61,0)	+0,39 sin (2 μ +159,7)	+0,11 sin (3 μ +191,8)
Janvier 1880 . .	b = 734,70	+0,12 sin (μ +161,4)	+0,36 sin (2 μ +153,9)	+0,06 sin (3 μ +158,0)
Février	b = 727,02	+0,40 sin (μ +155,7)	+0,38 sin (2 μ +161,9)	+0,04 sin (3 μ +187,5)
Mars	b = 729,05	+0,66 sin (μ +163,7)	+0,48 sin (2 μ +162,8)	+0,02 sin (3 μ +338,7)
Avril	b = 722,99	+0,23 sin (μ +165,5)	+0,43 sin (2 μ +158,8)	+0,06 sin (3 μ +333,0)
Mai.	b = 724,71	+0,42 sin (μ +192,8)	+0,32 sin (2 μ +158,0)	+0,05 sin (3 μ + 7,5)
Juin	b = 725,72	+0,36 sin (μ +203,0)	+0,34 sin (2 μ +156,3)	+0,07 sin (3 μ +341,8)
Juillet	b = 727,23	+0,39 sin (μ +179,4)	+0,28 sin (2 μ +144,7)	+0,07 sin (3 μ +333,8)
Août	b = 725,42	+0,25 sin (μ +191,7)	+0,33 sin (2 μ +156,5)	+0,08 sin (3 μ +289,7)
Septembre. . .	b = 728,44	+0,28 sin (μ +172,3)	+0,37 sin (2 μ +160,6)	+0,03 sin (3 μ + 49,6)
Octobre.	b = 724,89	+0,26 sin (μ +103,6)	+0,36 sin (2 μ +167,8)	+0,06 sin (3 μ +216,2)
Novembre . . .	b = 728,00	+0,05 sin (μ +132,5)	+0,49 sin (2 μ +165,6)	+0,07 sin (3 μ +204,3)

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1880

Décembre 1879	b = 564,47	+0,24 sin (μ + 12,7)	+0,26 sin (2 μ +146,7)	+0,03 sin (3 μ +256,9)
Janvier 1880 . .	b = 565,94	+0,12 sin (μ + 6,0)	+0,19 sin (2 μ +158,8)	+0,02 sin (3 μ +303,0)
Février.	b = 562,19	+0,06 sin (μ + 72,7)	+0,15 sin (2 μ +177,3)	+0,02 sin (3 μ + 26,6)
Mars	b = 565,61	+0,06 sin (μ +324,8)	+0,17 sin (2 μ +147,8)	+0,05 sin (3 μ +332,3)
Avril	b = 560,99	+0,22 sin (μ +337,2)	+0,22 sin (2 μ +138,1)	+0,04 sin (3 μ +299,4)
Mai.	b = 563,22	+0,29 sin (μ +327,9)	+0,19 sin (2 μ +123,4)	+0,06 sin (3 μ +317,1)
Juin	b = 565,35	+0,23 sin (μ +340,8)	+0,19 sin (2 μ +125,5)	+0,06 sin (3 μ +305,4)
Juillet	b = 569,75	+0,14 sin (μ +319,4)	+0,13 sin (2 μ +127,4)	+0,06 sin (3 μ +317,5)
Août	b = 566,77	+0,22 sin (μ +331,9)	+0,14 sin (2 μ +126,3)	+0,04 sin (3 μ +318,8)
Septembre . . .	b = 568,70	+0,24 sin (μ +351,5)	+0,18 sin (2 μ +144,4)	+0,05 sin (3 μ +330,9)
Octobre	b = 564,33	+0,14 sin (μ + 1,6)	+0,17 sin (2 μ +164,6)	+0,02 sin (3 μ +277,4)
Novembre . . .	b = 564,59	+0,14 sin (μ +342,4)	+0,20 sin (2 μ +171,7)	+0,02 sin (3 μ +300,5)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes, déduites pour Genève, des 40 années 1836-75, et pour le Saint-Bernard, des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

Époque.	ÉCARTS Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1879	+6,07	+2,15	+3,92
Janvier 1880 . .	+7,33	+5,45	+1,88
Février	+0,18	+1,95	−1,77
Mars	+4,02	+5,90	−1,88
Avril	−1,78	−0,64	−1,14
Mai	−0,53	−0,62	+0,09
Juin	−1,47	−1,76	+0,29
Juillet	−0,42	+1,26	−1,68
Août	−2,24	−1,63	−0,61
Septembre	+0,81	+1,25	−0,44
Octobre	−1,61	−0,27	−1,34
Novembre	+2,15	+2,56	−0,41
Année	+1,06	+1,30	−0,24

Dans les deux stations, et surtout au Saint-Bernard, le baromètre a été en moyenne notablement plus élevé que de coutume ; à Genève, il n'y a depuis 1836 que 3 années où il ait été plus élevé, savoir en 1858, 1863 et 1874. Les écarts positifs des mois de décembre (1879), janvier, mars et novembre dépassent notablement les limites de l'écart probable; ces limites ne sont sensiblement dépassées pour les écarts négatifs que dans les mois de juin et d'août. Dans les mois de décembre et de janvier la pression a été relativement plus forte à Genève qu'au Saint-Bernard, et cela de près de 4 millimètres en décembre; pour huit mois, au contraire, la pression a été

relativement plus faible à Genève qu'au Saint-Bernard, et d'une quantité dépassant un millimètre dans les mois de février, mars, avril, juillet et octobre; en moyenne dans l'année, de $0^{mm},24$.

Avec les données suivantes pour l'année 1880 : $727^{mm},70$ et $565^{mm},18$ pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations; + 8°,93 et — 0°,72 pour la température moyenne; 0,78 et 0,80 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques, $2062^{m},1$, pour la différence d'altitude entre les deux stations. Ce chiffre est sensiblement plus faible que celui obtenu pour d'autres années, et le nivellement direct exécuté avec le niveau à lunette a donné $2070^{m},3$; la différence peut être attribuée à la circonstance que les écarts avec les valeurs normales ont été assez différents dans les deux stations, en particulier en ce qui concerne la température. L'année 1880 a été froide à Genève, tandis qu'elle a été exceptionnellement chaude au Saint-Bernard.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier les variations accidentelles du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour un jour et la valeur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère les minimas et les maximas absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE, 1880. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1879 .	6	25	1	±9,71	-16,00 le 4	+16,94 le 23	±2,82	- 8,07 le 4	+11,22 le 3
Janv. 1880.	2	29	2	7,23	- 4,12 le 18	+12,71 le 7	2,03	- 7,68 le 19	+ 7,31 le 13
Février. . .	15	14	7	4,58	-11,67 le 17	+10,83 le 3	3,29	- 7,90 le 17	+ 7,50 le 15
Mars	4	27	2	4,63	- 3,74 le 1	+10,38 le 9	2,06	- 4,06 le 4	+ 3,52 le 19
Avril . . .	20	10	5	3,11	- 8,66 le 6	+ 5,52 le 21	2,22	- 6,39 le 17	+ 6,64 le 5
Mai	17	14	4	3,79	- 7,75 le 3	+ 6,30 le 25	1,96	- 4,22 le 19	+ 6,58 le 1
Juin	22	8	8	2,50	- 6,32 le 20	+ 6,61 le 28	2,28	- 7,22 le 26	+ 5,16 le 28
Juillet . . .	17	14	4	1,75	- 4,53 le 29	+ 3,24 le 11	1,43	- 4,13 le 26	+ 4,34 le 6
Août	27	4	4	2,90	- 6,58 le 2	+ 4,11 le 10	1,61	- 4,81 le 30	+ 5,57 le 10
Septembre.	11	19	4	3,48	- 6,42 le 16	+ 7,76 le 30	1,68	- 4,84 le 17	+ 4,21 le 14
Octobre . .	19	12	8	3,67	- 8,19 le 28	+ 6,43 le 1	2,79	- 6,42 le 29	+ 5,01 le 1
Novembre .	11	19	6	6,02	-15,56 le 17	+12,24 le 30	3,27	- 7,95 le 19	+ 9,49 le 15
Année . . .	171	195	55	±4,45	-16,00 le 4 décembre	+16,94 le 23 décembre	±2,29	- 8,07 le 4 décembre	+11,22 le 3 décembre

SAINT-BERNARD, 1880. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1879 .	10	21	1	±7,44	-15,14 le 1	+14,17 le 23	±2,15	- 4,19 le 5	+ 5,46 le 29
Janv. 1880.	6	25	4	6,10	- 4,94 le 18	+10,89 le 7	1,62	- 5,63 le 19	+ 7,13 le 13
Février . .	12	17	8	3,64	- 3,89 le 23	+ 9,91 le 3	2,15	- 6,52 le 24	+ 5,91 le 26
Mars. . . .	3	28	2	5,94	- 1,55 le 31	+13,43 le 9	1,75	- 3,93 le 22	+ 3,63 le 20
Avril. . . .	16	14	4	3,46	- 8,32 le 7	+ 5,40 le 19	1,86	- 4,19 le 12	+ 5,38 le 25
Mai	18	13	4	3,57	- 7,62 le 8	+ 8,26 le 25	1,97	- 5,20 le 23	+ 6,82 le 28
Juin	21	9	5	2,26	- 5,31 le 20	+ 4,98 le 28	1,54	- 5,13 le 26	+ 3,07 le 3
Juillet . . .	11	20	8	1,95	- 2,83 le 31	+ 5,80 le 19	1,19	- 1,95 le 10	+ 3,52 le 21
Août	22	9	9	2,42	- 7,61 le 2	+ 1,98 le 28	1,52	- 3,77 le 30	+ 3,96 le 10
Septembre.	9	21	4	3,33	- 6,89 le 16	+ 7,37 le 3	1,53	- 4,58 le 17	+ 4,13 le 14
Octobre . .	19	12	9	1,98	- 5,65 le 29	+ 7,04 le 1	1,81	- 4,36 le 13	+ 4,51 le 2
Novembre .	10	20	4	5,15	-12,13 le 17	+11,73 le 29	2,52	- 5,52 le 19	+ 8,84 le 16
Année . . .	157	209	62	±3,94	-15,14 le 1 décembre	+14,17 le 23 décembre	±1,80	- 6,52 le 24 février	+ 8,84 le 16 novembre

GENÈVE, 1880.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1879.	709,29	le 4	745,54	le 23	36,25
Janv. 1880.	723,50	le 18	741,28	le 7	17,78
Février ...	714,29	le 17	739,20	le 3	24,91
Mars.....	718,95	le 31	736,82	le 9	17,87
Avril.....	713,47	le 6	730,22	le 18	16,75
Mai......	716,05	le 3	734,10	le 29	18,05
Juin	719,31	le 19	735,04	le 28	15,73
Juillet....	721,64	le 29	731,63	le 11	9,99
Août.....	720,49	le 6	733,40	le 10	12,91
Septembre.	719,69	le 15	735,28	le 30	15,59
Octobre ..	715,16	le 28	734,63	le 1	19,47
Novembre.	709,70	le 17	739,93	le 30	30,23
Année....	709,29	le 4 déc.	745,54	le 23 déc.	36,25

SAINT-BERNARD, 1880.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1879.	546,56	le 1	576,36	le 23	29,80
Janv. 1880.	555,87	le 18	572,64	le 7	16,77
Février ...	555,81	le 23	570,93	le 3	15,12
Mars.....	558,54	le 31	573,41	le 9	14,87
Avril.....	551,24	le 7	567,44	le 19	16,20
Mai......	555,38	le 8	573,97	le 25	18,59
Juin	559,71	le 5	572,87	le 28	13,16
Juillet....	565,72	le 31	574,69	le 19	8,97
Août.....	560,68	le 3	570,81	le 31 et 20	10,13
Septembre.	558,80	le 16	575,61	le 2	16,81
Octobre ..	557,69	le 29	573,53	le 1	15,84
Novembre.	549,04	le 17	574,83	le 29	25,79
Année....	546,56	le 1 déc.	576,36	le 23 déc.	29,80

GENÈVE, 1880. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h.	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1879.	2,82	2,90	2,82	2,74	2,69	2,52	2,44	2,48	2,61	2,64	1,44	5,75
Janvier 1880 . .	3,32	3,40	3,40	3,33	3,23	3,17	3,06	3,10	3,19	3,21	1,77	6,10
Février	4,44	4,59	4,56	4,60	4,62	4,57	4,25	4,32	4,42	4,46	2,56	7,60
Mars	5,58	5,45	5,28	5,56	5,68	5,50	4,99	5,29	5,64	5,40	2,38	8,47
Avril	6,69	6,52	6,78	6,96	7,17	7,10	6,77	7,09	6.87	6,84	2,89	11,62
Mai	7,08	7,03	6,81	7,30	7,55	7,43	7,12	7,30	7,24	7,18	2,07	11,24
Juin	9,25	8,80	8,95	9,16	9,45	9,34	9,14	9,27	9,15	9,13	5,23	13,47
Juillet	10,98	10,71	11,07	11,29	11,70	11,58	11,28	11,46	11,31	11,21	5,93	16,51
Août	11,45	11,43	11,60	11,62	11,73	11,62	10,92	11,66	11,77	11,42	6,39	15,64
Septembre . . .	10,72	10,49	10,33	10,84	10,90	10,61	9,88	10,66	10,97	10,41	6,10	15,35
Octobre	8,38	8,47	8,56	8,48	8,36	8,15	7,82	7,96	8,53	8,17	3,49	12,80
Novembre . . .	5,65	5,64	5,67	5,68	5,65	5,67	5,39	5,40	5,65	5,57	3,64	8,31
Hiver	3,53	3,63	3,59	3,56	3,51	3,42	3,25	3,30	3,41	3,45	1,44	7,60
Printemps . . .	6,45	6,33	6,29	6,61	6,80	6,68	6,29	6,56	6,58	6.47	2,07	11,62
Été	10,57	10,33	10,56	10,70	10,97	10,87	10,46	10,82	10,76	10,61	5,23	16,51
Automne	8,25	8,20	8,19	8,33	8,30	8,14	7,70	8,01	8,38	8,05	3,49	15,35
Année	7,21	7,13	7,17	7,31	7,40	7,29	6,94	7,18	7,29	7,16	1,44	16,51

GENÈVE, 1880. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1879 .	852	859	873	894	907	886	883	891	907	916	920	880	889	310	1000, 58 fois
Janvier 1880	878	866	878	902	895	904	915	926	935	942	941	902	907	650	1000, 46 »
Février. . .	765	752	762	818	847	873	899	917	929	933	927	838	853	340	1000, 67 »
Mars	580	535	505	575	673	720	785	844	890	872	805	700	707	180	1000, 2 »
Avril	629	589	623	689	785	816	857	885	900	872	813	708	764	280	1000, 10 »
Mai	561	518	495	584	692	726	762	813	853	816	716	636	681	180	1000, 3 »
Juin	624	570	601	678	761	806	852	892	904	862	760	666	748	340	1000, 3 »
Juillet . . .	530	485	507	551	647	709	759	811	829	786	666	592	656	210	1000, 1 »
Août	639	596	634	684	765	833	881	918	932	905	787	714	774	380	1000, 2 »
Septembre .	650	596	590	715	797	842	879	931	962	934	847	737	790	380	1000, 2 »
Octobre . .	702	696	725	777	820	840	867	895	898	865	816	771	806	330	1000, 5 »
Novembre .	714	689	732	770	796	813	830	846	854	847	835	778	792	420	1000, 3 »
Hiver. . . .	833	828	840	872	884	888	899	911	924	930	929	874	884	310	1000, 171 fois
Printemps .	590	547	540	615	716	753	800	847	881	853	778	681	716	180	1000, 15 »
Été	598	550	581	637	724	783	831	874	888	851	738	657	726	210	1000, 6 »
Automne . .	689	660	683	754	804	832	859	891	905	882	833	762	796	330	1000, 10 »
Année . . .	677	645	660	719	782	814	847	881	899	879	819	743	780	180	1000, 202 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation en millièmes.
GENÈVE, 1880.

Décembre 1879	$H = 889 + 18 \sin(\mu + 224{,}5^\circ) + 22 \sin(2\mu + 246{,}1^\circ) + 2 \sin(3\mu + 232{,}6^\circ)$
Janvier 1880 .	$H = 907 + 31 \sin(\mu + 211{,}5) + 14 \sin(2\mu + 247{,}1) + 5 \sin(3\mu + 235{,}1)$
Février	$H = 855 + 88 \sin(\mu + 221{,}6) + 28 \sin(2\mu + 230{,}5) + 8 \sin(3\mu + 250{,}7)$
Mars	$H = 707 + 180 \sin(\mu + 214{,}7) + 26 \sin(2\mu + 226{,}5) + 8 \sin(3\mu + 80{,}8)$
Avril	$H = 764 + 148 \sin(\mu + 232{,}2) + 29 \sin(2\mu + 231{,}0) + 4 \sin(3\mu + 110{,}4)$
Mai	$H = 681 + 161 \sin(\mu + 226{,}7) + 22 \sin(2\mu + 232{,}1) + 22 \sin(3\mu + 77{,}6)$
Juin	$H = 748 + 158 \sin(\mu + 235{,}9) + 17 \sin(2\mu + 253{,}5) + 10 \sin(3\mu + 87{,}2)$
Juillet	$H = 656 + 165 \sin(\mu + 230{,}3) + 12 \sin(2\mu + 281{,}6) + 13 \sin(3\mu + 69{,}8)$
Août	$H = 774 + 161 \sin(\mu + 231{,}9) + 16 \sin(2\mu + 258{,}5) + 6 \sin(3\mu + 56{,}3)$
Septembre . .	$H = 790 + 173 \sin(\mu + 228{,}1) + 34 \sin(2\mu + 230{,}9) + 14 \sin(3\mu + 100{,}3)$
Octobre . . .	$H = 806 + 95 \sin(\mu + 238{,}2) + 18 \sin(2\mu + 254{,}5) + 7 \sin(3\mu + 161{,}1)$
Novembre . .	$H = 792 + 71 \sin(\mu + 229{,}0) + 25 \sin(2\mu + 235{,}5) + 8 \sin(3\mu + 214{,}7)$

Si l'on compare l'année 1880, au point de vue hygrométrique, avec la moyenne des 29 années 1849-75, les observations psychrométriques ne remontant pas plus haut, on trouve les écarts suivants pour la tension moyenne de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre de cas de saturation.

	ÉCARTS		
	Tension de la vapeur. mm	Fraction de saturation.	Cas de saturation.
Décembre 1879.	—1,56	+ 24	+21
Janvier 1880 . . .	—0,94	+ 50	+10
Février.	+0,15	+ 36	+47
Mars.	+0,70	— 47	— 7
Avril	+0,87	+ 67	+ 7
Mai	—0,66	— 23	— 1
Juin	—0,63	+ 50	+ 1
Juillet.	+0,35	— 23	0
Août.	+0,76	+ 64	0
Septembre	+0,80	+ 20	— 3
Octobre	+0,51	— 25	—13
Novembre	+0,23	— 42	—13
Année.	+0,06	+ 12	+49

L'année 1880 a été ainsi plutôt humide, l'écart étant positif, quoique faible, pour la tension moyenne de la vapeur et pour la fraction moyenne de saturation, avec un fort excédent du nombre de cas de saturation ; c'est pendant l'hiver que cet excédent est considérable, et il coïncide avec une augmentation notable des jours de brouillard ; en automne, au contraire, et les deux derniers mois surtout, les cas de saturation ont été moins fréquents que de coutume.

Dans huit mois de l'année, l'écart sur la tension de la vapeur a été positif, et dans quatre mois il a été négatif ; dans sept mois l'écart sur la fraction de saturation a été positif, et négatif dans quatre mois. Le signe positif de l'écart pour les deux caractères de l'état hygrométrique se rencontre dans les mois de février, avril, août et septembre, mois pour lesquels le caractère d'humidité est bien prononcé ; le mois de mai est le seul pour lequel la

sécheresse est bien accusée, l'écart étant négatif pour les deux caractères de l'état hygrométrique. Sur les sept autres mois, pour lesquels les deux caractères étaient opposés, il y en a trois, décembre, janvier et juin, dans lesquels l'écart négatif sur la tension de la vapeur accusait la sécheresse, et l'écart positif sur la fraction de saturation accusait l'humidité ; il y en a quatre, mars, juillet, octobre et novembre, pour lesquels l'écart positif de la tension de la vapeur accusait l'humidité, tandis que l'écart négatif sur la fraction de saturation accusait la sécheresse.

Les observations des vents faites à Genève pendant l'année 1880 sont résumées dans les deux tableaux suivants ; le premier donne pour chaque mois, et en somme dans l'année, le chiffre représentant l'intensité de chaque vent d'après le nombre de fois qu'il a été noté dans les neuf observations diurnes, en tenant compte, à chaque observation, de sa force par des facteurs allant de 0 à 3, et résultant d'une simple estimation ; dans quelques cas de vents très violents, le facteur 4 a été appliqué exceptionnellement. Le second de ces tableaux donne le rapport de l'intensité des vents soufflant du nord au nord-est à celle des vents soufflant du sud au sud-ouest ; on y trouve également la direction et la résultante de tous les vents observés, calculées d'après la formule de Lambert.

Vents observés à Genève, dans l'année 1880.

	Décemb. 1879.	Janvier 1880.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme . .	1	3	5	4	4	0	3	5	3	3	6	5	42
N	8	23	49	115	85	130	57	59	87	51	45	32	741
NNE. . .	24	41	13	35	37	141	26	26	33	39	32	42	489
NE	67	69	15	30	30	75	15	15	29	23	30	44	442
ENE . . .	11	28	3	1	3	4	4	3	3	2	3	4	69
E.	52	51	10	4	10	4	6	8	5	14	8	10	182
ESE . . .	11	9	4	0	0	0	2	1	7	6	2	4	46
SE.	47	24	24	5	7	2	5	8	19	6	8	11	166
SSE. . . .	17	8	13	5	3	1	4	5	11	8	5	5	85
S	24	10	33	28	27	12	26	38	23	40	40	33	334
SSO. . . .	28	8	34	45	43	31	69	74	36	38	78	69	553
SO	34	21	26	28	39	18	35	32	33	49	53	47	415
OSO . . .	6	1	7	7	17	7	13	20	14	9	6	10	117
O	9	3	10	6	13	6	17	14	11	18	15	12	134
ONO . . .	1	1	2	0	0	0	1	4	1	3	2	0	15
NO	9	5	15	4	16	5	17	15	5	9	15	15	130
NNO . . .	2	4	13	5	4	9	5	12	6	3	9	6	78

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1879.	1,15	S 76°,6 E	42,3	0,4
Janvier 1880 . . .	3,41	N 64,5 E	56,3	1,0
Février.	0,83	S 29,7 O	8,7	1,9
Mars	1,78	N 6,9 O	27,5	1,4
Avril	1,40	N 33,1 O	21,3	1,5
Mai.	5,67	N 15,1 E	99,6	0,0
Juin	0,75	S 73,4 O	22,4	1,1
Juillet.	0,69	S 64,9 O	24,7	1,8
Août	1,62	N 4,3 O	37,5	1,1
Septembre	0,89	S 63,7 O	10,7	1,1
Octobre	0,63	S 46,3 O	24,8	2,2
Novembre.	0,79	S 34,7 O	12,7	1,9
Année.	1,63	N 10,2 E	9,40	1,3

Les chiffres inscrits dans la dernière colonne du premier de ces tableaux se rapportent à l'année entière, soit au nombre total de 3294 observations, puisque l'année 1880 était bissextile ; pour comparer le mouvement de l'air pendant cette année avec les résultats déduits des 29 années 1847-75, il sera plus commode de les réduire au chiffre proportionnel sur 1000 observations, la différence faisant connaître l'augmentation ou la diminution de l'intensité relative de chaque vent.

Intensité relative des différents vents sur 1000 observations.

	Année 1880	Moyenne des 29 années 1847-75	Différence
Calme	13	57	— 44
Nord	226	265	— 39
Nord-Nord-Est	149	200	— 51
Nord-Est	135	48	+ 87
Est-Nord-Est	21	7	+ 14
Est	56	22	+ 34
Est-Sud-Est	14	7	+ 7
Sud-Est	51	20	+ 31
Sud-Sud-Est	26	23	+ 3
Sud	102	110	— 8
Sud-Sud-Ouest	169	196	— 27
Sud-Ouest	127	125	+ 2
Ouest-Sud-Ouest	36	27	+ 9
Ouest	41	32	+ 9
Ouest-Nord-Ouest	5	5	0
Nord-Ouest	40	17	+ 23
Nord-Nord-Ouest	24	33	— 9

Le courant polaire étant représenté essentiellement à Genève, d'après la direction de la vallée, par les vents du nord, du nord-nord-est et du nord-est, et le courant équatorial par ceux du sud, du sud-sud-ouest et du sud-ouest.

on voit que le courant polaire a soufflé pendant l'année 1880 avec une intensité sensiblement égale à la moyenne, puisque l'intensité de ce courant est représentée en 1880 par le chiffre proportionnel de 510, tandis que le chiffre moyen est 513. Mais il y a une diminution sensible sur le courant équatorial, représenté en 1880 par le chiffre proportionnel 398, tandis que le chiffre moyen est 431. Les vents d'est, est-sud-est et sud-est sont à Genève des vents locaux, qui se rencontrent surtout dans la saison froide. A cette époque de l'année, le lac est à une température notablement supérieure à celle du sol, et il en résulte un vent d'aspiration, sensible surtout dans la direction dans laquelle la vallée de l'Arve débouche; l'hiver exceptionnellement froid de l'année 1880 a naturellement favorisé à un haut degré ce courant d'aspiration, aussi trouve-t-on des excédents considérables dans les chiffres proportionnels représentant l'intensité des vents soufflant de la région comprise entre l'est et le sud.

Le relevé du nombre de jours de forte bise, ou de fort vent du midi, donné dans le tableau suivant, accuse également une diminution prononcée du courant équatorial pendant l'année 1880; on ne trouve en effet dans toute l'année que 29 jours de fort vent du midi, tandis que l'on en compte ordinairement 44. Le nombre de jours de forte bise a été également moindre que de coutume, 34 au lieu de 42.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1879 ...	5	1
Janvier 1880......	2	0
Février...........	1	0
Mars	3	2
Avril	3	3
Mai..............	9	1
Juin.............	0	2
Juillet	0	7
Août.............	2	1
Septembre........	2	3
Octobre..........	3	6
Novembre........	4	3
Hiver............	8	1
Printemps........	15	6
Été..............	2	10
Automne.........	9	12
Année	34	29

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1880 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
ÉPOQUE.	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1879.	295	114	2,59	N 45° E	64,9	2,1
Janv. 1880.	282	98	2,88	N 45 E	65,9	0,0
Février...	162	192	0,84	S 45 O	11,5	0,0
Mars.....	256	88	2,91	N 45 E	60,2	0,7
Avril.....	191	214	0,89	S 45 O	8,5	0,0
Mai......	257	130	1,98	N 45 E	45,5	0,0
Juin......	231	136	1,70	N 45 E	35,1	1,8
Juillet....	168	192	0,88	S 45 O	8,6	0,7
Août.....	295	76	3,88	N 45 E	78,5	0,0
Septembre.	224	103	2,17	N 45 E	41,8	0,0
Octobre ..	214	136	1,57	N 45 E	28,0	0,7
Novembre.	153	189	0,81	S 45 O	13,3	0,7
Année....	2728	1668	1,63	N 45 E	32,2	0,6

Pluie ou neige, dans l'année 1880.

ÉPOQUE.	GENÈVE. Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	SAINT-BERNARD Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Hauteur de la neige. m
Décemb. 1879.	5	35,6	33	4	39,3	0,53
Janvier 1880. .	4	10,7	29	3	16,0	0,23
Février	11	40,8	53	4	63,0	0,76
Mars	3	5,1	15	5	43,7	0,53
Avril	15	78,8	98	13	148,1	1,26
Mai	8	41,2	23	10	73,1	0,73
Juin.	19	145,2	107	14	170,8	0,43
Juillet	12	39,9	35	10	110,0	—
Août	16	86,1	73	11	157,0	—
Septembre. . . .	11	155,8	76	7	70,7	0,10
Octobre.	19	155,8	112	15	411,3	1,59
Novembre. . . .	10	71,5	64	6	74,8	0,78
Hiver.	20	87,1	115	11	118,3	1,52
Printemps. . . .	26	125,1	136	28	264,9	2,52
Été.	47	271,2	215	35	437,8	0,43
Automne.	40	383,1	252	28	556,8	2,47
Année	133	866,5	718	102	1377,8	6,94

A Genève, il n'est tombé de la neige en quantité appréciable qu'au mois de décembre, la plus forte chute de 26^{cm},5 a eu lieu le 3; le 1er et le 6, de faibles chutes ont donné encore en tout 3^{cm},5. Mais cette neige est restée très longtemps sur le sol, à cause de la température exceptionnellemeut basse de décembre, janvier et des premiers jours de février. Il n'est pas tombé de neige à Genève au commencement du printemps, ni dans l'arrière-automne, au mois de novembre. La quantité de neige tombée au Saint-Bernard a été notablement plus faible que de coutume, moins de 7 mètres, au lieu de 10 environ, qui est le chiffre ordinaire. C'est surtout en hiver et au commencement du printemps, que le déficit est consi-

dérable; cela explique pourquoi toutes les montagnes du bassin du Rhône étaient beaucoup plus dégarnies de neige au commencement du printemps, que cela n'est ordinairement le cas. Même au mois d'octobre, la hauteur de la neige tombée est très faible, en comparaison du chiffre énorme de l'eau tombée dans ce mois, parce qu'une partie considérable de la précipitation a eu lieu sous forme de pluie, même à la fin de ce mois, où la précipitation a presque toujours lieu sous forme de neige, et c'est ce qui explique la hausse exceptionnelle du niveau du lac dans les derniers jours d'octobre. Voici, pour les deux stations, les écarts dans le nombre de jours de précipitation et dans la quantité d'eau tombée, donnés par la comparaison avec les chiffres normaux. déduits pour Genève des 50 années 1826-75, et pour le St-Bernard des 29 années 1841-67.

	ÉCARTS A GENÈVE		ÉCARTS AU ST.-BERNARD	
	Jours de pluie.	Eau tombée. mm	Jours de pluie.	Eau tombée. mm
Décembre 1879.	— 4	— 15,4	— 4	— 33,8
Janvier 1880...	— 6	— 38,1	— 8	—113,1
Février	+ 3	+ 4,3	— 5	— 30,6
Mars	— 7	— 42,1	— 6	— 53,2
Avril	+ 5	+ 22,0	+ 2	+ 28,0
Mai	— 4	— 38,0	— 1	— 46,9
Juin	+ 8	+ 69,2	+ 4	+ 69,4
Juillet	+ 3	— 30,9	+ 1	+ 34,9
Août	+ 6	+ 5,7	+ 2	+ 71,2
Septembre.....	+ 1	+ 61,5	— 2	— 45,3
Octobre........	+ 7	+ 54,8	+ 5	+269,0
Novembre.....	— 1	— 2,5	— 4	— 23,7
Hiver 1880	— 7	— 49,2	—17	—177,5
Printemps	— 6	— 58,1	— 5	— 72,1
Été............	+17	+ 44,0	+ 7	+175,5
Automne	+ 7	+113,8	— 1	+200,0
Année 1880 ...	+11	+ 50,5	—16	+125,9

Le caractère de sécheresse de l'hiver, et du printemps de l'année 1880 est bien accusé dans les deux stations par une diminution notable du nombre de jours de pluie et de la quantité d'eau tombée. L'été, au contraire, a été pluvieux dans les deux stations, l'automne a été pluvieux à Genève, avec un excédent notable de la quantité d'eau tombée; au Saint-Bernard le mois d'octobre seul a été pluvieux, et malgré le déficit de l'eau tombée en septembre et en novembre, l'excédent tout à fait exceptionnel du mois d'octobre a produit un fort excédent pour toute la saison. En somme, dans l'année, il y a eu à Genève un excédent de jours pluvieux et de la quantité de la précipitation, au Saint-Bernard, un excédent de la précipitation avec une diminution du nombre de jours pluvieux.

J'ai relevé pour Genève, dans le tableau suivant, les plus longues périodes de sécheresse dans chaque mois, ou de jours consécutifs sans pluie, et de même les plus longues périodes pluvieuses, ou de jours consécutifs de pluie; de même aussi le nombre de cas, dans lesquels la pluie tombée dans 24 heures était très faible, au dessous d'un millimètre, ou presque insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. Ces jours étant comptés au nombre des jours de pluie en augmentent considérablement le nombre, tandis qu'ils contribuent fort peu à élever la quantité d'eau tombée. J'ai noté également la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures pour chaque mois, ainsi que le nombre de jours, où la quantité a dépassé 3 centimètres.

Le nombre d'heures de pluie étant noté à Genève, on peut en déduire les caractères suivants de la précipitation : d'abord, la durée relative de la pluie, ou la fraction représentant le rapport du nombre d'heures de pluie dans

le mois, au nombre total d'heures renfermées dans le mois ; ce caractère a de l'importance, parce qu'il fait connaître la durée de la saturation dans les couches de l'atmosphère dans lesquelles la condensation a lieu. Puis le nombre moyen d'heures, pendant lequel la pluie est tombée un jour pluvieux, enfin l'intensité avec laquelle la pluie est tombée, soit le rapport de la quantité d'eau tombée, au nombre d'heures pendant lequel la précipitation a eu lieu.

Un dernier tableau donne pour chaque mois le relevé du nombre de jours d'orage, ou de jours où le tonnerre a été entendu à Genève ; le chiffre en est exceptionnellement élevé dans l'année 1880, savoir 41 au lieu de 25, qui est le nombre moyen déduit des 14 années 1862-75. Les trois mois de juin, juillet et août sont particulièrement remarquables par la fréquence des orages, c'est, il est vrai, la saison dans laquelle ils se présentent le plus souvent, mais en 1880, il y en a eu 27, tandis que l'on n'en compte ordinairement que 16 dans ces trois mois. Les mois de septembre et d'octobre ont été également plus orageux que de coutume.

Époque.	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
Décembre 1879	22 jours (7-28)	2 jours (3- 4)	2	0	mm 15,1 le 3	0
Janvier 1880..	20 » (19 janv.-7 fév.)	2 » (17-18)	0	0	5,4 le 1	0
Février	8 » (25 fév.-3 mars)	3 » (16-18; 22-24)	6	0	11,8 le 10	0
Mars	12 » (5-16)	1 »	2	0	4,0 le 4	0
Avril	3 »	3 » (6- 8)	4	2	19,9 le 26	0
Mai	11 » (11-21)	2 »	2	0	19,9 le 23	0
Juin..........	3 »	3 »	3	0	21,0 le 20	0
Juillet	9 » (11-29)	4 » (1- 4)	3	2	7,6 le 4	0
Août	6 » (9-14)	5 » (20-24)	4	2	19,5 le 22	0
Septembre....	12 » (21 sept.-2 oct.)	4 » (10-13)	1	0	31,1 le 15	2
Octobre......	4 » (30 oct.-2 nov.)	4 » (21-24; 26-29)	3	0	32,2 le 23	1
Novembre	7 » (9-15)	2 »	2	0	33,8 le 8	1
Année.......	22 jours (du 7 au 28 déc).	5 jours (du 20 au 24 août).	32	6	33,8 le 8 nov.	4

Époque.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
Décembre 1879	0,044	6,67	1mm,08
Janvier 1880.......	0,039	7,25	0,37
Février	0,076	4,82	0,77
Mars	0,022	5,00	0,34
Avril	0,136	6,53	0,80
Mai	0,039	2,88	1,79
Juin	0,149	5,63	1,36
Juillet	0,047	2,92	1,14
Août	0,098	4,56	1,18
Septembre	0,106	6,91	2,05
Octobre	0,150	5,89	1,39
Novembre	0,089	6,40	1,12
Hiver 1880	0,053	5,75	0,76
Printemps	0,066	5,23	0,92
Été	0,098	4,57	1,26
Automne	0,115	6,30	1,52
Année	0,083	5,40	1,21

GENÈVE

ÉPOQUE.	Jours de tonnerre	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1879	1	0
Janvier 1880........	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	0	1
Mai	2	1
Juin	9	2
Juillet	8	4
Août	10	1
Septembre	5	3
Octobre	6	2
Novembre	0	0
Année	41	14

Il reste enfin à résumer les observations de la nébulosité dans les deux stations, la nébulosité étant donnée par une fraction représentant la partie du ciel couverte par les nuages, et pouvant varier ainsi de 0 à 1,0; de la nébulosité moyenne du jour, donnée par la moyenne des neuf observations diurnes, on déduit celle du mois, des saisons et de l'année. Les limites 0,25, 0,50, 0,75 et 1,00 de la nébulosité moyenne sont celles, d'après lesquelles un jour est classé dans la catégorie des jours *clairs*, *peu nuageux*, *très nuageux* ou *couverts*. La comparaison avec la moyenne des 29 années 1847-75, pour Genève, montre que l'hiver et l'été ont été notablement plus nébuleux que de coutume, tandis que le printemps, au contraire, l'a été sensiblement moins. En somme, dans l'année, la nébulosité a dépassé la moyenne, et il y a eu à Genève un fort déficit dans le nombre des jours clairs. Le nombre de jours de brouillard, à Genève, présente également un fort excédent sur le chiffre moyen, et il s'élève à un chiffre qui n'avait pas été atteint pendant ces 29 années, c'est-à-dire 65, le maximum ayant été auparavant de 59 en 1874, et le chiffre moyen étant de 33.

Au Saint-Bernard, au contraire, le ciel a été notablement plus clair que de coutume, d'après la moyenne des 22 années 1846 à 1867, qui donne 0,578 pour le chiffre moyen annuel. L'hiver, le printemps et l'automne donnent, en 1880, une forte diminution de la nébulosité, les chiffres moyens pour ces saisons étant 0,492, 0,649 et 0,577.

État du ciel.

ÉPOQUE.	GENÈVE. Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.	SAINT-BERNARD. Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosite moyenne.
Déc. 1879 .	1	3	5	22	0,83	19	4	3	5	0,27
Janv. 1880.	0	0	3	28	0,95	19	6	2	4	0,27
Février ...	3	3	4	19	0,76	13	5	3	8	0,43
Mars	14	9	6	2	0,31	15	6	6	4	0,33
Avril	1	3	10	16	0,76	0	4	8	18	0,79
Mai.......	5	11	11	4	0,50	5	6	7	13	0,64
Juin	2	7	10	11	0,65	3	4	12	11	0,66
Juillet	11	8	8	4	0,42	8	11	9	3	0,45
Août......	3	10	11	7	0,56	1	9	9	12	0,68
Septembre.	6	9	8	7	0,50	7	12	6	5	0,43
Octobre...	3	4	6	18	0,74	5	5	11	10	0,64
Novembre .	2	1	10	17	0,79	9	9	4	8	0,48
Hiver.....	4	6	12	69	0,847	51	15	8	17	0,323
Printemps .	20	23	27	22	0,523	20	16	21	35	0,587
Été.......	16	25	29	22	0,543	12	24	30	26	0,597
Automne ..	11	14	24	42	0,677	21	26	21	23	0,517
Année	51	68	92	155	0,648	104	81	80	101	0,506

GENÈVE 1880

ÉPOQUE.	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1879 ...	12	2	14
Janvier 1880......	14	6	20
Février	8	5	13
Mars............	0	3	3
Avril	0	0	0
Mai	0	1	1
Juin.............	0	2	2
Juillet	0	0	0
Août.............	0	2	2
Septembre	0	2	2
Octobre..........	0	4	4
Novembre........	0	4	4
Année	34	31	65

DES MOUVEMENTS PÉRIODIQUES DU SOL

ACCUSÉS PAR DES NIVEAUX A BULLE D'AIR

(*Troisième année.*)

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

Pendant cette troisième année [1], comprise entre le 1er octobre 1880 et le 30 septembre 1881, les observations des niveaux ont été continuées régulièrement deux fois par jour, à 9 heures du matin et à 6 heures du soir, la moyenne des deux observations donnant la cote du jour, toutefois pendant une absence de 37 jours, que j'ai faite en juin et juillet, les observations n'ont été exécutées qu'une fois par jour, à 1 heure du soir, époque qui coïncide approximativement avec la moyenne de l'oscillation diurne.

Je dois mentionner que, le 4 octobre 1880, les niveaux, à l'aide du pivot central de la fourche qui les porte et

[1] Voyez pour les précédentes, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. II, p. 641, décembre 1879, et t. V, p. 97, février 1881.

pénètre dans le pied, ont été orientés exactement l'un dans le méridien et l'autre dans le parallèle. On se rappelle en effet que par suite d'une indication fautive de la boussole, relative à l'angle que fait le méridien magnétique avec le méridien terrestre, les niveaux avaient été orientés en 1878, l'un Nord 7 degrés Est, et l'autre Est 7 degrés Sud. Il va sans dire qu'il a été tenu compte par une correction du très petit déplacement qui en est résulté dans la position de la bulle, pour que la courbe d'oscillation continuât du même point accusé par le milieu de la bulle avant cette opération.

Dans la planche VI, les horizontales renforcées Est *o* et Sud *o* représentent comme précédemment pour les niveaux respectifs le point de départ du milieu de la bulle, ou le zéro, au commencement des observations en octobre 1878. Toutes les cotes positives ou négatives se rapportent pour chaque courbe au zéro correspondant.

Pendant l'hiver 1880 à 1881, le côté Est n'a pas éprouvé l'abaissement extravagant qui s'était produit l'année précédente. D'une manière générale la courbe offre une grande analogie avec celle de la première année 1878-1879. Partant le 1er octobre 1880 d'une position relativement basse, de — 76″25 au-dessous de la position initiale de 1878, le côté Est se maintient entre — 76″ et 77″ jusqu'au 26 octobre. Nous avons déjà constaté les deux années précédentes que la bulle est presque immobile pendant la plus grande partie d'octobre. A partir de ce moment, l'abaissement du côté Est s'accuse lentement et graduellement jusqu'au 31 décembre où il atteint la cote de — 91″07. Dès lors il baisse plus rapidement et atteint le 26 janvier 1881 le point le plus bas, — 112″,66. Il se relève ensuite relativement vite, savoir de 5″,25,

jusqu'au 1er février, et n'éprouve après cela, jusqu'au 28 mai, que de faibles oscillations, cependant toujours plus prononcées en hausse qu'en baisse. A partir du 28 mai, la hausse s'accentue vivement, et le côté Est atteint le 15 juillet le point culminant de — 91″,18. Il n'a donc pas regagné ce qu'il avait perdu pendant l'hiver. L'abaissement a été de 36″,41 et le relèvement de 21″,48; en 1880, l'abaissement avait été de 95″,80 et le relèvement de 21″,75; en 1879, l'abaissement avait été de 17″,61 et le relèvement de 28″,08. — Dès le 15 juillet 1881, le côté Est fléchit sensiblement jusqu'au 17 août de 6″,07, regagne 4″,78 jusqu'au 16 septembre et reste à — 93″,06 le 30 septembre, c'est-à-dire à 16″,81 plus bas que le 1er octobre 1880.

Je donne plus loin dans deux tableaux pour chaque jour les cotes exactes en secondes d'arc des mouvements du sol, soit dans la direction du parallèle soit dans celle du méridien.

La différence la plus saillante qu'offre la courbe de 1880-1881 comparée à celles des deux années précédentes, c'est que le maximum d'élévation du côté Est se présente le 15 juillet, c'est-à-dire quatre jours avant le maximum de la température extérieure, tandis que les deux années précédentes ce maximum d'élévation avait été en retard de 36 jours, et de 52 jours sur le maximum de température de l'air.

En second lieu, en 1881 le côté Est fléchit sensiblement dès que le maximum d'élévation a été atteint, malgré la température extérieure relativement élevée, et se relève au contraire à partir du milieu d'août jusqu'à la fin de septembre, de plus de 4″, tandis que la température de l'air s'abaisse notablement. Ce relèvement du côté

Variations d'inclinaison du côté **Est** évaluées en secondes d'arc.

Octobre 1880 à Septembre 1881.

	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
1	—76.25	—79.53	—84.95	— 93.44	—107.40	—106.54	—106.49	—105.74	—101.81	—94.99	—94.78	—95 80
2	76.30	79.96	86.08	93.60	107.13	107.45	106.00	105.74	101.81	94.45	94.62	95.48
3	76.46	80.01	86.08	94.39	107.13	108.20	105.47	105.74	101.76	92.58	95.53	94.51
4	76.52	80.01	86.13	94.67	107.24	108.47	105.20	105.41	101.60	92.04	95.16	94.83
5	76.41	80.23	86.40	94.73	107.29	107.88	105.63	104.98	101.38	91.40	94.62	94.73
6	76.41	80.39	87.42	94.78	107.02	107.29	105.31	104.77	101.71	91.34	93.93	94.19
7	76.41	80.60	87.58	94.83	107.40	106.22	105.25	104.66	102.46	91.72	93.87	93.44
8	76.46	80.87	87.26	96.14	107.51	105 90	104.82	104.39	102.46	92.74	94.14	93.60
9	76.52	81.19	87.26	97.73	107.18	106.06	104.39	104.55	102.40	93.55	94.83	93.06
10	76.46	81.30	87.21	98.81	106.92	106.33	103.64	105.36	102.46	93.33	96.07	93.44
11	76.68	81.46	87.21	101.38	106.70	106.16	103.69	106.16	102.62	93.55	96.12	93.17
12	76.68	81.51	87.37	104.39	106.70	105.79	103.05	106.49	102.19	93.55	96.28	93.22
13	76.74	81.51	89.20	105.20	107.45	105.52	103.05	106.49	102.46	92.58	96.50	92.69
14	76.79	81.46	91.07	105.90	107.88	105.52	103.16	106.00	102.19	91.93	96.39	92.90
15	76.79	81.35	91.02	106.38	108.47	105 57	103.21	106.16	101.44	91.18	97.09	92.58
16	76.84	81.35	90.91	106.81	109.06	106.00	103.32	106.92	100.79	91.24	97.25	92.47
17	76.90	81.35	90.91	107.67	108.47	106.27	103.00	106.97	99.82	92.10	97.25	92.85
18	76.90	81.35	90.86	108.53	108.10	106.70	102.46	106.81	99.51	92.04	97.03	93.01
19	76.95	81.35	90.91	108.31	107.78	106.59	102.41	106.76	99.40	91.88	97.14	92.58
20	76.95	81.35	91.02	108.26	107.40	106.43	102.67	106.33	97.73	91.67	96.18	92.47
21	76.90	81.35	91.07	108.90	107.02	106.54	103.21	106.06	97.41	92.47	95.48	92.31
22	76.79	81.51	91.24	109.55	106.81	107.67	103.75	105.03	96.82	94.67	95.26	92.36
23	76.68	84.09	90.12	109.65	106.38	108.15	104.18	104.45	96.23	95.11	94.83	92.74
24	76.68	84.31	91.18	110.14	106.49	108.63	104.34	104.39	94.99	94.40	94.53	92.85
25	76.95	84.31	91.18	111.43	106.49	107.88	105.31	103.80	93.33	94.67	94.83	92.79
26	77.00	84.20	91.18	112.66	106.54	107.24	105.04	103.47	94.35	94.78	94.78	93.01
27	78.13	84.15	90.12	110.46	106.54	107.35	105.20	103.80	94.73	95.85	94.73	92.95
28	78.19	83.93	91.07	109.34	106.33	107.02	105.31	104.12	94.30	96.02	95.75	92.90
29	78.24	83.72	91.02	108.31	......	106.81	105.52	103.37	94.19	96.07	95.80	92.79
30	78.35	83.77	91.02	108.04	......	106.16	105.79	102.41	94.99	95.96	95.42	93.06
31	78.51	.....	91.07	107.51	......	106.49	......	102.03	.....	95.85	95.59	......

Variations d'inclinaison du côté **Sud** évaluées en secondes d'arc.

Octobre 1880 à Septembre 1881.

	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
1	— 4.02	— 4.36	— 7.47	— 7.88	— 8.96	— 6.81	— 4.77	— 4.07	— 3.11	— 1.83	— 2.12	— 2.28
2	4.07	4.07	7.51	7.59	8.80	6.68	4.88	4.07	3.28	1.74	2.24	1.62
3	4.36	4.15	7.68	7.64	8.51	6.56	4.52	3.94	3.19	1.83	2.16	1.83
4	4.23	4.19	7.72	7.72	8.42	6.31	4.44	3.86	3.19	1.74	2.16	1.90
5	4.23	4.31	7.80	7.88	8.38	6.39	4.44	3.94	3.19	1.53	1.99	2.07
6	4.27	4.61	7.80	7.76	8.22	7.60	4.52	3.98	3.11	1.45	2.12	2.12
7	4.56	4.73	7.97	8.01	8.17	6.56	4.56	4.03	2.20	1.41	2.07	2.36
8	4.44	4.98	8.22	8.13	8.17	6.68	4.52	4.27	1.53	1.24	1.78	2.61
9	4.27	5.44	8.34	8.38	7.68	6.31	4.52	4.15	1.58	1.41	1.87	2.61
10	4.19	5.77	8.34	8.47	7.47	6.31	4.40	3.94	1.78	1.24	1.74	2.49
11	3.98	5.93	8.42	8.42	7.34	6.31	4.36	3.49	1.95	0.91	1.70	2.28
12	3.73	6.27	8.30	8.80	7.05	5.89	4.27	3.32	2.28	0.91	1.58	2.36
13	3.65	6.35	8.30	8.47	7.05	5.98	4.23	3.28	2.61	0.91	1.37	2.61
14	3.78	6.68	8.17	8.92	7.01	5.93	4.07	3.49	3.03	0.99	1.33	2.61
15	4.02	6.80	8.38	8.96	7.30	5.93	4.07	3.83	3.24	0.95	1.37	2.95
16	4.27	6.89	8.01	8.96	7.64	5.48	4.03	3.78	3.49	0.87	1.33	3.15
17	4.44	6.89	8.09	9.00	7.68	5.48	3.98	3.49	3.94	0.66	1.37	3.15
18	4.61	6.89	7.97	9.13	8.01	5.48	3.98	3.61	3.86	0.50	1.29	3.11
19	4.73	6.85	8.01	9.13	7.76	5.48	3.94	3.73	3.53	0.37	1.66	3.32
20	4.94	6.64	8.05	8.80	7.72	5.48	3.53	3.82	3.57	0.12	1.78	3.20
21	5.06	6.80	7.72	9.09	7.68	5.89	3.15	3.53	3.53	0.25	1.90	3.32
22	5.27	6.72	7.72	9.21	7.64	6.02	2.95	2.90	3.49	0.	1.83	2.90
23	5.27	6.89	7.84	9.17	7.64	5.73	3.11	3.28	3.15	+ 0.33	1.87	2.57
24	5.27	6.92	7.84	9.38	7.51	6.02	3.15	3.07	2.66	+ 0.37	1.58	2.57
25	4.90	7.10	7.88	9.50	7.30	5.27	3.19	3.03	2.61	+ 0.21	1.74	2.74
26	4.56	7.26	7.88	9.83	7.14	5.35	3.36	3.15	2.49	+ 0.21	1.83	2.49
27	4.61	7.43	7.93	9.63	7.01	5.39	3.40	3.03	2.07	— 0.70	2.16	2.57
28	4.77	7.47	7.97	9.42	7.05	5.31	3.61	2.82	2.07	— 1.08	1.74	2.61
29	5.10	7.55	7.93	9.05	....	5.31	3.94	2.78	2.24	— 1.16	1.90	2.70
30	4.98	7.55	7.93	9.17	....	5.27	4.03	3.03	1.99	— 1.29	1.78	2.70
31	4.69	....	7.88	8.96	....	4.85	....	3.07	....	— 1.58	2.28	....

Est pendant le mois de septembre ne s'est pas présenté les deux premières années.

Le maximum d'abaissement du côté Est pendant les mois d'hiver de la première et de la troisième année s'est présenté deux à trois jours plus tard que le minimum de la température extérieure moyenne; mais dans les mois de décembre 1879 et janvier 1880, qui ont présenté chacun un minimum de température, le maximum d'abaissement a eu lieu avec 15 jours de retard en décembre et avec 7 jours en janvier. Toutes ces différences d'une année à l'autre dans les oscillations du sol et qui ne sont pas justifiées par les variations de la température extérieure indiquent manifestement l'action d'une autre cause que la température de l'air; mais on n'a pas encore réussi à démêler la nature de cette cause.

Dans la direction du Sud au Nord l'amplitude de l'oscillation du sol a été notablement plus grande en 1880-1881 que pendant les deux années précédentes; elle a atteint 10″,20, tandis qu'elle n'avait été que de 4″,89 la première année et de 4″,56 la seconde année. Le plus grand abaissement du côté Sud, — 9″,83, a eu lieu le 26 janvier 1881, le même jour que le minimum du côté Est et trois jours après le minimum de la température de l'air. Dans les deux premières années ce retard avait été de 10 jours en 1880 et de 18 jours en 1879. Le maximum d'élévation du côté Sud, + 0″,37 s'est présenté le 24 juillet avec cinq jours de retard sur le maximum de température extérieure. En 1879, ce maximum avait eu lieu le 16 et 17 avril, c'est-à-dire plus de trois mois et demi avant le maximum de la température extérieure, et en 1880 deux maxima se sont présentés, le 23 mars et le 6 juin, c'est-à-dire près de quatre mois

pour l'un et 43 jours pour l'autre avant le maximum de la température.

Le 30 septembre 1881, le côté Sud reste à — 2″,70, c'est-à-dire à 1″,32 plus haut qu'il n'était le 1er octobre 1880, tandis que le 30 septembre 1880 il était de 2″,98 plus bas que le 10 octobre 1879 et le 30 septembre 1879 de 1″,21 plus bas que le 23 décembre au commencement des observations dans la direction du méridien. Les oscillations du sol dans cette direction comme dans celle de l'Est à l'Ouest, présentent donc aussi des anomalies ou des différences d'une année à l'autre qu'on ne saurait attribuer aux seules variations de la température de l'air.

Il règne une certaine hésitation parmi les savants, et j'accorde qu'elle peut souvent avoir quelque fondement, à conclure avec une entière certitude des indications des niveaux à bulle d'air à un mouvement correspondant du sol lorsqu'il s'agit d'observations continues. Quelle peut être, se demande-t-on, la part, dans ces indications, des variations moléculaires du verre et des effets de la capillarité de l'éther? Pour ce qui concerne les observations que je viens de rapporter, qu'il me soit permis de faire remarquer que lorsque des niveaux ont été rodés avec le plus grand soin, vérifiés à mesure sur l'appareil qui sert à leur vérification, et que l'on a déterminé par des opérations minutieuses et répétées la valeur de l'arc qui correspond à l'excursion de la bulle d'une division, dans une certaine limite du niveau, il ne reste plus en jeu que l'incertitude résultant du conflit entre la gravité et la capillarité. Mais ce dernier n'est-il pas presque éliminé quand, au moyen du réservoir, on maintient la bulle d'une dimension à peu près constante, de 50 à 65 milli-

mètres, et qu'avec l'aide de la vis de rappel on ne laisse pas le milieu de la bulle s'écarter du milieu du niveau de plus de 15 à 20 millimètres ? Dans cette disposition la bulle se meut dans d'étroites limites, toujours dans les mêmes conditions de capillarité, et dès lors n'est-on pas fondé à attribuer à ses indications un assez grand degré de certitude ? Je rappellerai en outre que dans la cave où sont installés les niveaux, la température reste souvent invariable pendant un grand nombre de jours, que quand elle varie, les différences ne sont que de 1 à 3 dixièmes de degré d'un jour à l'autre et que la différence entre le maximum et le minimum pendant l'année n'atteint pas 10° C.

M. Antoine d'Abbadie, de l'Académie des Sciences, qui a fait, il y a une trentaine d'années [1], quelques milliers d'observations de niveaux à bulle d'air, avait eu l'occasion de constater que l'on ne peut pas toujours se fier à l'indication des niveaux ; car ayant placé sur la même pierre deux niveaux très rapprochés l'un de l'autre dans le sens du méridien, et deux autres dans la même condition dans le plan du premier vertical, il avait vu parfois la bulle des niveaux parallèles se diriger dans des directions opposées. Pour écarter ces incertitudes provenant d'actions moléculaires du verre et de la capillarité, ce savant fit établir, dès 1852, à Abbadia, près Hendaye, un appareil qu'il a appelé nadirane, au moyen duquel il observe la déviation de la verticale, à l'aide d'une lunette et d'une disposition appropriée, par le déplacement de l'image de quatre fils en croix reflétée par une surface de mercure située à 10 mètres de profon-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1852, mai, page 712.

deur et qui se dessine à côté des fils placés à l'ouverture et dans l'axe du puits. Dans un mémoire [1] qui a paru cet été et où l'on trouve tous les détails de l'installation de son appareil, M. d'Abbadie confirme la réalité de la variation de la verticale. Les courbes qu'il a tracées se rapportent à l'année 1879-1880. Elles ne manquent pas d'une certaine analogie avec les miennes : l'amplitude des oscillations de l'Est à l'Ouest est considérablement moindre que celle observée à Sécheron, en revanche dans le sens du méridien l'amplitude de l'oscillation est presque la même : 4",034 à Abbadia et 4",56 à Sécheron. Je ne pense pas qu'on puisse dès à présent tirer une conclusion de cette coïncidence, il faut attendre les résultats des années subséquentes. Les maxima et minima ne tombent pas aux mêmes époques dans les deux endroits, à l'exception de ceux du mois de juin pour l'oscillation dans le sens du méridien, qui ont eu lieu à quelques jours de distance.

La proximité de la mer à Abbadia et les marées peuvent bien occasionner des perturbations qui ne doivent pas se produire à Sécheron où, en revanche, agissent probablement d'autres causes particulières dont on ne se rend pas compte encore ; la proximité du lac de Genève dont la hauteur de l'eau varie selon l'année de un à deux mètres entre l'hiver et l'été, pourrait peut-être être une de ces causes. Au demeurant, comme le dit M. d'Abbadie, ces mouvements du sol, ou du moins leurs causes, sont encore enveloppés de mystères.

Voici, en attendant mieux, une explication qui me semble assez bien rendre compte des anomalies que pré-

[1] Recherches sur la verticale, par M. Antoine d'Abbadie. *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 5me année, 1881, page 37.

sentent les mouvements du sol dans la même localité et dans des localités différentes.

La croûte terrestre est un corps plastique qui a subi des plissements et en éprouve encore aujourd'hui, selon les géologues. On peut donc supposer que, sous l'influence de diverses causes, la surface de la terre se trouve dans un état à peu près continuel d'ondulation lente, dont la direction et l'amplitude varient dans chaque localité en raison de la nature du terrain et des forces en activité. Cela étant admis, on comprend facilement que selon l'orientation des niveaux à l'égard de la direction dans laquelle se propage cette ondulation et selon l'amplitude, d'ailleurs toujours très faible, de cette dernière dans chaque localité, les niveaux peuvent être très diversement impressionnés. L'effet de ces ondulations sur les niveaux peut, selon les circonstances, s'ajouter à l'effet de la température de l'air sur le sol, le neutraliser ou même déterminer un mouvement prononcé dans le sens opposé. Cela expliquerait jusqu'à un certain point les grandes différences dans le mouvement du sol qu'on a constaté à Abbadia, à Sécheron, à Neuchâtel, à Munich, etc., etc.

Cet article était déjà imprimé quand j'ai reçu de M. le colonel Ch. von Orff, de Munich, les résultats de ses observations de niveaux que je lui avais demandé de me communiquer. Elles font l'objet de l'article qui suit. Je me vois obligé de renvoyer, faute de temps, à une autre occasion la comparaison de ses résultats avec les miens.

SUR LES MOUVEMENTS DU SOL

PAR

M. le colonel Ch. von ORFF.

(*Lettre à M. Philippe Plantamour.*)

Mon vénérable ami feu le prof. Lamont, avait déjà eu l'intention d'entreprendre des observations suivies de niveaux. Les deux mémoires que vous m'avez envoyés sur ce sujet, concernant les deux années 1878 à 1880, et une lettre de M. d'Abbadie m'engageant à en faire de semblables, m'ont décidé à mettre à exécution l'intention de M. Lamont. Autorisé par la commission géodésique, qui a bien voulu prendre les frais à sa charge, j'ai commandé à l'atelier Ertel trois niveaux à bulle d'air destinés à être installés dans la cave de l'Observatoire de Bogenhausen.

Voici en peu de mots la description de ces appareils :

Les tubes ont une longueur d'environ 30 centimètres ; les divisions s'étendent de chaque côté du milieu, à 40 lignes de Paris (= 9 centimètres) ; à une déviation de la bulle de 1 div. (= 1 ligne de Paris) correspond un changement d'inclinaison de 1″,00 pour le niveau n° 1, de 1″,60 pour le n° 2 et de 1″,50 pour le n° 3, moyennes d'expériences bien concordantes, faites à plusieurs reprises et à des températures différentes. Le n° 1 est d'une courbure remarquablement uniforme, tandis que les deux autres niveaux ont montré de petites irrégularités vers les extrémités de la division ; pour ces derniers on a eu soin de reporter la bulle au milieu dès qu'elle s'en écartait trop.

Le tube du niveau est entouré d'un autre tube en laiton, à l'intérieur duquel il est fixé par des bandes d'étain,

enroulées autour du tube de verre à ses deux extrémités et maintenues par une couche de cire. Je pensais que cet arrangement, qui évite l'emploi de ressorts, ne permet pas aux anneaux d'étain de se déplacer et empêche en même temps toute tension nuisible, qui pourrait produire une déformation de la courbure du niveau. Le tube en laiton repose sur deux supports en forme d'Y, portés eux-mêmes par une plaque de fonte dont la surface inférieure est munie d'un côté de deux pointes, tandis que du côté opposé une vis micrométrique permet de régler l'inclinaison du niveau et de déterminer de temps en temps la valeur angulaire d'une partie de sa division.

Dans la cave de l'observatoire de Bogenhausen, je pouvais profiter, pour l'installation des trois niveaux, de plusieurs piliers que M. Lamont avait fait construire il y a plus de vingt-cinq ans pour servir d'emplacements provisoires pour les instruments enregistreurs destinés à l'observation des variations du magnétisme terrestre.

La situation tout à fait isolée de cet observatoire, distant de trois à quatre kilomètres de la ville de Munich, me semblait favoriser ce genre d'observations, en éliminant toutes les causes de perturbations inhérentes à la vie d'une grande ville. Un des aides de l'Observatoire a mis beaucoup de zèle à faire la lecture des niveaux deux fois par jour, à 7 heures du matin et à 3 heures du soir.

Voici, en outre, quelques détails sur la cave et sur l'installation des niveaux :

La cave est située immédiatement au-dessous de la salle d'observations principale, qui contient le cercle méridien et l'instrument de passages; elle n'est pas voûtée, et le plancher de la salle en forme le plafond; c'est cette circonstance qui explique la grande variation annuelle de

Résultats des observations des niveaux installés dans la cave de l'observatoire de Bogenhausen.

DATE	N° 3 Élévation du côté Sud.	N° 2 Élévation du côté Ouest	N° 1 Élévation du côté Sud.	Température de l'air dans la cave.
	s	s	s	°
10 Juillet 1880.	0.00	0.00	0.00	+11.4 C
20 »	+ 3.23	+ 0.84	+ 3.28	12.8
30 »	+ 4.16	2.60	3.50	13.3
9 Août	+ 1.65	4.08	4.15	12.8
19 »	+ 0.94	5.60	6.45	13.1
29 »	+ 1.66	6.96	8.45	13.5
8 Septembre	+ 2.03	8.48	11.35	14.2
18 »	— 0.90	9.72	9.75	13.1
28 »	6.82	10.80	9.78	11.9
8 Octobre	7.12	11.28	10.30	11.6
18 »	10.57	10.84	8.58	10.3
28 »	14.17	12.16	7.00	8.9
7 Novembre	21.44	15.32	3.75	5.6
17 »	19.83	14.96	5.45	6.8
27 »	21.55	14.84	4.98	6.6
7 Décembre	26.24	13.64	3.88	5.9
17 »	30.33	15.20	3.28	5.3
27 »	34.90	15.56	1.33	4.3
6 Janvier 1881.	38.23	15.60	0.45	+ 2.8
16 »	43.63	17.52	— 3.30	— 0.7
26 »	42.47	26.96	2.10	— 1.2
5 Février	39.52	19.32	2.22	+ 0.3
15 »	41.08	20.16	4.00	— 1.2
25 »	36.51	18.76	4.27	+ 1.0
7 Mars	34.93	18.60	4.15	1.8
17 »	34.78	19.28	4.67	1.8
27 »	32.08	17.72	5.50	3.3
6 Avril	31.97	16.72	7.82	3.6
16 »	29.88	14.92	9.05	4.8
26 »	29.13	14.64	12.35	4.9
6 Mai	28.04	14.20	14.40	5.6
16 »	27.70	14.32	18.30	6.0
26 »	23.50	13.64	21.92	7.6
5 Juin	21.36	13.00	27.80	8.8
15 »	22.37	12.60	35.87	8.8
25 »	18.77	12.68	41.27	10.7
5 Juillet	17.24	12.64	47.53	11.4
10 »	15.66	13.00	48.25	12.3
20 »	14.35	12.56	47.70	13.5
30 »	15.25	11.64	48.62	13.8
9 Août	13.94	11.28	48.00	14.8
19 »	15.92	9.68	47.83	13.9
29 »	16.57	8.72	47.75	13.8
8 Septembre	18.51	7.16	46.75	13.6
18 »	21.10	6.56	45.05	12.5
28 »	22.07	5.92	43.55	11.4
8 Octobre	26.50	5.52	40.55	9.1
18 »	29.01	2.84	37.57	8.2
28 »	30.73	2.16	36.22	6.7
7 Novembre	31.52	3.28	33.65	6.3
17 »	31.26	1.40	32.79	6.6
27 »	32.42	0.16	32.04	6.3

la température (du minimum de — 1°,2 au maximum de + 14°,8), qu'on a observé. Le pavé de la cave se trouve à $3^m,8$ au-dessous du plafond et à $2^m,6$ au-dessous du terrain extérieur; les petits piliers qui portent les plaques de pierre, sur lesquelles les niveaux sont placés, ne s'élèvent qu'à $0^m,40$ et à $0^m,80$ au-dessus du pavé. Au milieu de la façade méridionale se trouve une petite terrasse, qui ne s'étend que sur la moitié de la longueur de cette façade et dont la hauteur dépasse de 1^m celle du terrain environnant. Les niveaux sont placés tous les trois entre $0^m,8$ et $1^m,1$ de distance du mur méridional de l'Observatoire : le n° 1 au-dessous de la terrasse, le n° 3 dans le coin sud-ouest de la cave, et le n° 2 tout près du n° 3, directement au-dessous du cercle méridien.

Le tableau placé plus haut (page 613) contient les résultats des observations de dix en dix jours seulement pour en restreindre l'étendue.

Dès le 17 octobre 1880, on a aussi fait la lecture du niveau de l'axe de rotation du cercle méridien de Reichenbach à des intervalles de cinq à six jours; en tenant compte des changements dans la position de cet axe, causés par l'emploi des vis de correction des coussinets, on a obtenu les inclinaisons (ouest-est) suivantes, contenues dans le tableau placé à la page 615.

En examinant ces résultats numériques, on voit que le niveau n° 3, bien qu'il n'ait pas atteint, le 10 juillet 1881, la position qu'il avait le même jour de l'année 1880, présente cependant une marche analogue pendant les périodes du 10 juillet au 27 novembre des deux années, tandis que le niveau n° 1, placé également dans la direction sud-nord, a présenté une marche très différente; si les nombres obtenus pour le n° 3 semblent indiquer une pé-

Niveau du cercle méridien de l'observatoire de Bogenhausen.
(Elévation du côté occidental.)

	s		s
17 Octobre 1880.	+ 0.09	4 Mai 1881.	+13.80
22 »	0.84	10 »	13.03
27 »	1.79	15 »	12.63
1 Novembre	2.04	20 »	13.92
6 »	3.09	25 »	12.64
11 »	4.14	30 »	11.92
16 »	6.21	4 Juin	12.18
21 »	6.61	9 »	10.25
26 »	6.77	14 »	10.59
1 Décembre	7.20	19 »	11.91
6 »	7.35	25 »	11.51
11 »	7.11	29 »	10.25
16 »	7.45	4 Juillet	10.90
21 »	8.19	9 »	10.08
27 »	7.72	14 »	9.57
31 »	9.05	19 »	9.10
3 Janvier 1881.	12.41	24 »	8.26
5 »	12.72	29 »	7.06
10 »	13.27	3 Août	6.14
15 »	13.86	8 »	6.32
20 »	15.37	13 »	6.66
25 »	16.17	19 »	6.25
30 »	16.98	28 »	8.91
4 Février	16.42	2 Septembre	8.63
9 »	16.88	7 »	8.60
14 »	14.76	12 »	9.06
19 »	16.32	17 »	9.12
24 »	15.99	22 »	9.90
1 Mars	16.48	27 »	8.38
6 »	16.24	2 Octobre	9.12
11 »	15.93	7 »	9.65
16 »	15.04	12 »	11.07
23 »	14.78	17 »	11.01
26 »	14.86	22 »	10.95
31 »	14.87	27 »	11.85
5 Avril	14.57	1 Novembre	11.95
10 »	14.23	6 »	12.93
15 »	14.44	11 »	13.55
20 »	14.29	16 »	12.29
25 »	13.36	21 »	13.30
30 »	13.18	26 »	13.08

riode annuelle, la marche du n° 1 n'offre pas trace d'une périodicité. Du 17 octobre 1880 jusqu'au 10 juillet 1881 le niveau placé dans la direction ouest-est, offre quelque analogie avec la marche de l'inclinaison de l'axe de rota-

tion du cercle méridien; le côté ouest s'élève relativement au côté est, et la différence atteint pour les deux niveaux son maximum vers la fin de janvier ou le commencement de février 1881; mais les deux niveaux se comportent d'une manière tout à fait différente dans l'intervalle de temps compris entre la fin d'août et la fin de novembre. Si l'on se demande quelles sont les causes qui pourraient produire des changements dans les indications de niveaux installés comme ceux dont il est question, sur des supports qu'on considère ordinairement comme absolument fixes, on peut avancer les quatre suivantes :

1° des variations dans la direction de la verticale du lieu d'observation;

2° les différences des températures, les dilatations qui en résultent et l'effet de ces dernières dans les différentes parties des piliers et des couches terrestres sur lesquelles les niveaux reposent;

3° les soulèvements et abaissements de ces couches, variables pour des points très rapprochés l'un de l'autre;

4° des irrégularités dans les indications des niveaux, provenant de la manière de fixer le tube du niveau dans l'intérieur de la gaîne en laiton, des effets de la capillarité, etc., etc.

La première supposition, celle des variations dans la direction de la verticale, ne peut pas rendre compte des changements d'inclinaison observés à Sécheron et à Bogenhausen, car ceux-ci s'élèvent pour la direction est-ouest à une valeur vingt fois plus grande que les prétendues variations de la verticale. Ces variations font l'objet d'un Mémoire que M. d'Abbadie vient de publier dans les « Annales de la Société scientifique de Bruxelles, » cinquième année, 1881), où il les a évaluées à 4,5 secondes

d'arc. La construction de la « nadirane, » employée par M. d'Abbadie, décrite dans le Mémoire mentionné, montre qu'il s'agit ici d'une application de la méthode de Bohnenberger, dont on se sert dans différents observatoires pour la détermination du point Nadir, et de l'erreur de collimation des cercles méridiens. Quoi qu'il en soit de ces variations de la verticale, dont je vous parlerai peut-être dans une autre occasion, j'ose soutenir que les observations de niveaux ne sont jamais propres à distinguer ces variations des effets dus à d'autres causes concomitantes et plus puissantes.

Pour juger de l'efficacité de la seconde cause, des variations de la température, il faut se souvenir qu'un changement d'inclinaison d'une seconde d'arc indiqué par un des niveaux employés, exige une élévation correspondante de 0,003 millimètres sur une longueur de 0,6 mètres; à une variation extrême de 48 secondes d'arc répond donc une élévation relative de 0,144 millimètres. On ne connaît pas le coefficient de dilatation des matières qui constituent le sol sur lequel est construit l'observatoire de Bogenhausen (des couches d'argile et de gravier); il serait même très difficile de l'évaluer d'une manière absolue, car les différents degrés d'humidité et les variations de pression qui en résultent dans l'intérieur des couches terrestres modifieraient probablement la valeur trouvée par l'expérience. De plus, on est dans l'ignorance sur la distribution de la température dans le cas qui nous intéresse. Des observations de température, à des profondeurs différentes au-dessous de la surface, ont été exécutées dans des localités où le sol présente une symétrie parfaite dans tous les azimuts, de sorte qu'il ne s'agissait que des changements de température d'une cou-

che horizontale à l'autre; c'est le cas traité dans les théories analytiques de la chaleur. A Bogenhausen, au contraire, on se trouve sur des couches horizontales, soumises à des conditions thermiques différentes; les couches du sol de la cave et celles du terrain environnant ont des températures inégales, d'où il résulte une distribution de chaleur variable d'intensité et de direction d'une époque à l'autre. La solution mathématique d'un tel problème surpasse les forces de l'analyse, et, dans l'impossibilité de faire des observations thermométriques à différentes profondeurs au-dessous du pavé de la cave de l'observatoire, on se trouve réduit à de simples conjectures. Des thermomètres, dont les divisions donnent directement les dixièmes de degré, ont été placés tout près des piliers qui portent les plaques de pierre sur lesquelles les niveaux sont installés; leurs boules touchent le pavé et sont couvertes de sable, de sorte qu'on peut admettre que ces instruments indiquent les températures des points correspondants du sol. Les observations de ces thermomètres, faites une fois par semaine dès le mois de décembre 1880, ont montré que pour l'emplacement du niveau n° 1, le côté nord était plus chaud que le côté sud du 8 décembre 1880 jusqu'au 13 juillet 1881; à partir de cette date jusqu'à la dernière semaine de septembre, l'inverse a eu lieu, tandis que pour le reste de l'année la température du côté nord était de nouveau plus élevée que celle du côté sud. En moyenne, la différence entre le côté sud et le côté nord du pilier est égale à —0°,48, et la variation durant l'année s'est élevée à 2°,78. Pour le niveau n° 3, placé dans le coin sud-ouest de la cave, la moyenne de la différence entre le côté sud et le côté nord est de — 0°,05, tandis que la différence maximale s'élève à 0°,94. Pour

l'emplacement du niveau n° 2, orienté de l'ouest à l'est, le côté est avait toujours une température un peu plus élevée que le côté opposé ; la moyenne de cette différence est égale à 0°,13, et l'écart maximal ne dépasse pas 0°,40. Toutes ces mesures ne font connaître que les températures de la couche supérieure du terrain située immédiatement au-dessous du pavé de la cave, et on reste tout à fait dans l'ignorance sur la distribution de la chaleur dans les couches inférieures. La température de l'air indiquée par deux thermomètres suspendus, l'un dans la partie sud et l'autre dans la partie nord de la cave s'est montrée assez uniforme, et les petites différences dont les températures du côté sud étaient en général plus élevées, n'ont jamais dépassé le maximum de 0°,4. Cette uniformité de la température de l'air tend nécessairement à compenser les différences des températures de la surface du pavé ; si malgré cela les températures des deux points, distants l'un de l'autre seulement de 0m,6 à 0m,8, ont été trouvées si différentes, il sera permis de conclure que des différences analogues existent aussi dans les couches inférieures. On peut donc supposer que les changements d'inclinaison des niveaux, observés dans la cave de Bogenhausen, sont motivés au moins en partie par les variations de chaleur des couches sur lesquelles l'Observatoire repose et celle du terrain environnant. Le fait que les variations des niveaux orientés dans la direction sud-nord s'élèvent au double de celles observées dans la direction ouest-est s'accorde assez bien avec la situation des piliers à l'égard du terrain extérieur de la cave.

Pour ce qui concerne la troisième cause, le soulèvement ou l'abaissement des couches, il faut revenir de nouveau sur le fait qu'une déviation de la bulle d'une

seconde d'arc correspond à une élévation ou à un abaissement relatif des supports de $0^{mm},003$. On ne connaît, à la vérité, aucun fait qui puisse garantir à ce point l'invariabilité de la croûte terrestre; au contraire, on a constaté, en maintes occasions, que des points de la surface, situés à peu de distance l'un de l'autre, ont changé leurs niveaux relatifs; combien n'y a-t-il pas d'édifices qui nous ont été conservés, au moins par leurs ruines, et qui nous présentent une sinuosité du pavé originairement uni et horizontal, preuve évidente des déformations qu'ont subies les couches terrestres voisines de la surface? On sait, en particulier, que les terrains situés à l'est de Munich sont traversés par de nombreuses veines d'eau souterraine dont le débit est très variable; ces nappes d'eau peuvent occasionner des abaissements partiels qui, par leur petitesse, échappent à l'observation ordinaire, mais sont néanmoins révélés par des niveaux sensibles. On ne doit pas confondre ces mouvements relatifs du terrain, restreints à de petites distances, — cette formation de plis insensibles à l'observation ordinaire, — avec les soulèvements et les abaissements du sol qui s'étendent sur de vastes parties de la surface de la terre; ces derniers ne peuvent pas causer de déviations aussi considérables que celles indiquées par nos observations de niveaux; mais il est possible et même probable qu'ils sont accompagnés de la formation de plis, semblables à ceux mentionnés ci-dessus.

Quant à la quatrième cause, signalée plus haut, l'irrégularité dans l'indication des niveaux,on ne peut pas nier que les niveaux présentent quelquefois des irrégularités peu étudiées jusqu'ici; je crois que le plus souvent elles trouveront leur explication dans les différents modes

d'installation. Jusqu'à présent je me suis borné à retourner de temps en temps les niveaux avec les pieds qui les portent; mais comme leur marche n'a pas été altérée d'une manière sensible par cette opération, je pense qu'on est fondé à se fier aux résultats de mes observations. J'ajouterai, en outre, que des mesures répétées de la valeur angulaire des parties de la division m'ont garanti l'invariabilité de la courbure des niveaux employés.

J'ai fait construire un quatrième niveau, que je placerai à côté du niveau n° 1; l'accord plus ou moins parfait de ces deux niveaux permettra d'apprécier le degré de confiance que leurs indications méritent; — quelques observations préalables ont conduit à reconnaître des différences de nature à faire naître des doutes et m'ont indiqué la voie dans laquelle il faut diriger des recherches ultérieures.

En terminant ma lettre, vous voudrez bien me pardonner de n'avoir pas été à même de vous communiquer plus de faits et moins de conjectures, séduit que j'étais par l'impatience, bien excusable, de me former une idée des causes qui produisent les phénomènes observés. Je vous promets, en revanche, de continuer mes observations et vous prie d'agréer, etc, etc.

Charles ORFF.

Munich, 6 décembre 1881.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

N. Sieber. Moisissures au point de vue chimique.
(*J. prakt. Ch.*, XXIII, p. 412. Berne.)

L'auteur a cultivé des moisissures (*Penecillum* et *Aspergillus glaucus*), A, dans une dissolution de sucre et de gélatine, B, dans une dissolution de sucre et de chlorhydrate d'ammoniaque, toutes deux additionnées de quelques sels inorganiques et d'acide phosphorique. Après 2 $^1/_2$ mois, il a recueilli sur la première 8 gr. de matière pesant desséchée 1,4 et sur la seconde 31 gr. pesant 5,4 à l'état sec. Leur analyse a donné :

	Sol. dans l'éther.	Sol. dans l'alcool.	Cendres.	Albumine.	Cellulose.
A	18,70 %	6,87	4,89	29,88	39,66
B	11,19	3,36	0,73	28,95	55,77

Les extraits solubles dans l'éther et l'alcool renferment des résines et une substance cristalline qui est probablement de la lécithine.

R. Brunner. Nouvelle méthode pour reconnaître dans une substance la présence de soufre ou de nitrobenzine.
(*Zeitschr. Anal. Chem.*, XX, p. 390. Zurich.)

On ajoute de la potasse concentrée à la substance à essayer, quelques gouttes de benzine et d'alcool, et on laisse reposer; au bout de quelque temps, on voit paraître une coloration rouge.

E. Schulze et Barbieri. acide phénylamidopropionique, produit de décomposition des substances albuminoïdes. (*Berichte*, XIV, p. 1785. Zurich.)

Les auteurs ont déjà mentionné[1] qu'il se formait des amides acides pendant la germination des graines de lupin; ils ont maintenant identifié un acide phénylamidopropionique $C_9H_{11}NO_2$, fusible vers 250° en se décomposant et donnant une base $C_8H_{11}N$ qui, oxydée, fournit de l'acide benzoïque. Cet acide phénylamidopropionique ne se forme que pendant la germination.

P. Lauterbach. Dérivés sulfuriques du binitronaphtol. (*Berichte*, XIV, p. 2028. Genève.)

L'α naphtol, traité par l'acide sulfurique fumant, donne le dérivé $C_{10}H_4\begin{cases}(SO_3H)_3\\OH\end{cases}$, celui-ci, par l'acide nitrique dilué à 50°, devient $C_{10}H_4(NO_2)_2\begin{cases}SO_3H\\OH\end{cases}$. Cet acide bisulfonique, traité par des agents réducteurs, se transforme en produits nitroamidés et biamidés. L'auteur a encore obtenu l'acide biamidonaphtolsulfonique $C_{10}H_4(SO_3H)\begin{cases}O\\NH\\NH_2\end{cases}\!\!>$.

Enfin, en réduisant l'acide binitronaphtolsulfonique par la poussière de zinc en présence d'ammoniaque, il obtient une dissolution rouge qui laisse déposer des aiguilles brillantes et blanches qui ont pour formule $C_{20}H_{18}N_3O_{12}S_2$. Si l'on chauffe longtemps, de rouge la dissolution devient bleue; enfin le jaune de naphtaline, traité par le chlorate de potasse et l'acide chlorhydrique, donne des dérivés de la naphtoquinone, qui seront étudiés.

L'acide phtalique ne se produit jamais par l'oxydation de ces différentes substances; il est donc certain que les groupes sulfoniques ne se trouvent pas dans le même noyau que l'hy-

[1] *Archives*, 3me période, 1880, t. III, p. 69.

droxyle, il faudrait donc admettre les formules de constitution suivante :

Acide naphtoltrisulfonique $C_4H_3(SO_3H).C_2.C_4H(OH)(SO_3H)_2$.
Acide du jaune de naphtol $C_4H_3(SO_3H).C_2.C_4H(OH)(NO_2)_2$.

F.-P. Treadwell. Dipropylkétine. (*Berichte*, XIV, 2158. Zurich.)

En traitant le propylacétylacétate d'éthyle de Conrad et Limpach en dissolution potassique par le nitrite de soude et acidifiant par l'acide sulfurique, on obtient la nitrosopropylacétone, feuilles brillantes fusibles à 49°,5, qui ont pour constitution $CH_3.CO.CH(NO).\ CH_2.\ CH_2.\ CH_3$. Cette acétone, réduite par l'étain et l'acide chlorhydrique, donne la dipropylkétine, qui est une huile bouillant de 235°-240°, le sel de platine analysé indique qu'elle est monoacide ; elle forme une combinaison avec le nitrate d'argent, ainsi qu'avec le brome, toutes deux assez instables.

ZOOLOGIE

Aug. Gruber. Der Theilungsvorgang bei Euglypha alveolata. Les phénomènes de division chez l'E. alveolata. (*Zeitschrift f. wiss. Zoologie*, vol. XXXV, 1881, p. 431-439, pl. XXIII). — Le même. Die Theilung der monothalamen Rhizopoden. La division chez les Rhizopodes monothalames. (*Zeitschr. f. w. Zool.*, vol. XXXVI, 1881, p. 104-124, pl. IV et V.)

Les études de M. Gruber sur les phénomènes de la multiplication par division chez l'*Euglypha alveolata* et d'autres monothalames nous font connaître des faits importants pour l'histoire de ces êtres. Ils nous montrent, en particulier, comment les enveloppes du corps plus ou moins souples ou résistantes influent sur la manière dont s'effectue la division.

Si l'on groupe les Monothalames d'après la nature de leur revêtement, on peut former une première catégorie de ceux dont la coque se compose de plaquettes de formes variées produites par le sarcode même de l'animal. C'est ici que

vient se placer l'espèce sur laquelle M. Gruber a fait les études les plus complètes qui forment le sujet de son premier mémoire.

Leidy avait observé deux *Euglypha alveolata* réunies par leurs parties molles dans la région orale, c'est-à-dire à l'ouverture de la coquille. L'un des deux individus était d'abord beaucoup plus petit que l'autre, mais au bout d'une heure il avait atteint les dimensions normales, et des courants de protoplasme passaient d'un des individus à l'autre. Ce fait semblait déjà indiquer que l'on avait affaire ici à un phénomène de division plutôt que de conjugaison. Mais l'observation était trop incomplète pour qu'il fût possible d'en tirer des conclusions certaines. M. Gruber a complètement éclairci le mode de reproduction dont il s'agit, en en suivant pas à pas toutes les phases sur un même individu.

Chez une Euglypha alveolata bien développée, on observe dans la région où se trouve le nucléus, de petits corps très réfringents que les observateurs précédents ont considérés comme étant les plaquettes destinées à former la nouvelle coque après une mue. Cette interprétation, juste en ce qui concerne la nature de ces corps, ne l'est pas quant au rôle qu'ils sont appelés à jouer. Voici ce que M. Gruber a vu :

Une certaine quantité de protoplasme fait saillie hors de la coque par l'ouverture de celle-ci. En même temps les petites plaquettes dont nous venons de parler se mettent en mouvement et se disposent les unes à la suite des autres le long de la paroi de la coque. On en voit bientôt sortir une rangée qui se dispose autour de la saillie de protoplasme expulsée par l'ouverture. La quantité de ce protoplasme augmente graduellement, et en même temps de nouvelles plaquettes sorties de l'individu mère viennent s'imbriquer les unes sur les autres. Au bout d'une demi-heure ou d'une heure, ces pièces, au nombre d'environ 80, ont pris leur place, et le nouvel être a pris l'aspect d'un cône de sapin ; enfin, un peu plus tard, elles offrent leur agencement définitif, et l'Euglypha, qu'elles protègent, ne diffère de celle qui lui a donné naissance que parce qu'elle manque de nucléus.

Pendant que la coque se forme, le nucléus maternel subit des changements. On y voit paraître de fines granulations ou

des lignes contournées. Bientôt il présente des mouvements, change de forme lentement, et finit par s'allonger dans le sens du grand axe de l'animal. Il montre alors une striation longitudinale qui s'accuse de plus en plus, en même temps que sa longueur arrive à égaler presque celle de l'animal. Puis il s'étrangle et se divise en deux moitiés, dont l'une reste dans l'individu primitif et dont l'autre émigre dans l'individu de nouvelle formation. Après s'être éloignés du point d'union des deux Euglypha, ces noyaux perdent leur striation et se distinguent seulement sous la forme d'espaces plus transparents.

Alors commence, dans le protoplasme, un mouvement de circulation s'effectuant à la fois dans l'intérieur de chaque individu et d'un individu à l'autre; il dure environ un quart d'heure, puis cesse. Après quelques changements de peu d'importance, il se produit un relâchement au point de réunion des deux Euglypha; on voit apparaître là des pseudopodes, et enfin les deux êtres se séparent aussi complets l'un que l'autre.

Les observations de F.-E. Schulze sur la *Quadrula symmetrica* et celles de Leidy sur le *Trinema acinus*, montrent que chez ces deux genres les choses doivent évidemment se passer comme chez l'Euglypha, c'est-à-dire que les plaquettes protégeant le corps sont produites à l'intérieur de l'individu mère et amenées ensuite autour du corps de l'individu fille. M. Gruber a suivi d'une manière à peu près complète ces mêmes phénomènes de division chez la *Cyphoderia ampulla*, dont la coque n'est pas formée de plaques en nombre relativement restreint et assez constant, mais bien d'une infinité de petites particules qui donnent à cette enveloppe l'aspect de la peau de chagrin.

Les phénomènes de la division semblent être à peu près les mêmes chez les *Arcella*.

Chez les Monothalames à coques formées de corps étrangers, comme c'est le cas pour les *Difflugia* recouvertes de grains de sable, etc., on a observé des individus réunis par leur pôle buccal, et on a considéré cet état comme résultant d'une conjugaison. Pour M. Gruber, cette interprétation serait inexacte, et les individus ainsi soudés doivent être le

produit d'une division sur le point de s'achever. Il admet, avec Bütschli, que ces Rhizopodes font d'abord pénétrer dans leur corps les substances étrangères qui doivent servir à la formation de leur enveloppe. Les grains de sable, Diatomées, etc. seraient transportés à la surface externe de l'individu nouvellement formé comme le sont les plaquettes des Euglypha, Quadrula, etc.

Les formes qui sont protégées par une coque chitineuse inflexible présenteraient aussi le même mode de multiplication. C'est ce que semblent prouver les observations de M. Gruber sur la *Microgromia socialis*, et celles de Schneider sur la *Difflugia enchelys*.

Au contraire, dans les genres où l'on trouve une enveloppe formée d'une membrane flexible et adhérant au sarcode du corps, la division se fait comme chez les *Amœba*, de la manière qu'on pourrait qualifier de normale, puisque c'est celle qui est de beaucoup la plus fréquente pour les cellules animales. Il se produit dans le milieu du corps un étranglement qui amène la formation de deux individus. A. H.

C. EMERY. FIERASFER. STUDI INTORNO ALLA SISTEMATICA, L'ANATOMIA E LA BIOLOGIA DELLE SPECIE MEDITERRANEE DI QUESTO GENERE. LE FIERASFER, ÉTUDE DE LA SYSTÉMATIQUE, L'ANATOMIE, ET LA BIOLOGIE DES ESPÈCES MÉDITERRANÉENNES DE CE GENRE. (*R. Accademia dei Lincei.* Serie 3ª, vol. 7, 1880. — Fauna et Flora des Golfes von Neapel, 1880.)

Cette monographie ornée de neuf magnifiques planches est due à la plume de notre compatriote M. C. Emery, professeur d'anatomie comparée à l'université de Bologne.

Un poisson parasite des holothuries et des étoiles de mer, voilà à coup sûr un sujet digne de captiver l'attention des naturalistes!

Le *Fierasfer acus*, l'espèce la plus commune dans la Méditerranée, atteint une longueur de 19 centimètres et établit de préférence son domicile chez de grandes holothuries, telles que l'*H. tubulosa* et le *Stichopus regalis*.

L'auteur a observé maintes fois lui-même dans un aquarium, où il avait réuni des Fierasfer et des holothuries, comment le petit poisson s'y prend pour s'introduire dans le

corps de l'échinoderme. Mis en présence d'un de ces animaux, il commence par l'explorer dans toute sa longueur, jusqu'à ce qu'il ait découvert à quel bout se trouve l'anus. Il applique son museau contre cet orifice, puis, au moment où le sphincter se dilate pour laisser échapper l'eau qui a servi à la respiration, il se recourbe vivement, et, faisant glisser sa queue effilée le long de son corps, il l'introduit en un clin-d'œil dans le cloaque de l'holothurie. Ce premier pas de fait, le reste de la scène peut durer plus ou moins de temps. Un petit Fierasfer s'attaquant à une grande holothurie, réussit quelquefois à entrer d'un seul coup. Si, au contraire, il y a disproportion de taille, le parasite attend que le courant respiratoire dilate l'anus pour pousser plus avant, et ce n'est qu'après de longs efforts qu'il finit par pénétrer.

M. Emery a vu entrer successivement jusqu'à sept de ces poissons dans le corps du même individu.

Le Fierasfer se loge d'abord dans l'arbre respiratoire de l'holoturie, qui s'ouvre dans l'intestin, non loin de l'anus; mais on le trouve aussi dans la cavité périviscérale, parce que l'arbre respiratoire se rompt le plus souvent sous l'effort du petit poisson, surtout quand il en reçoit plusieurs à la fois.

Le Fierasfer n'est du reste pas un véritable parasite se nourrissant aux dépens de son hôte, mais prend sa nourriture dans la mer en avançant sa tête hors de l'holothurie. La position de son anus, qui se trouve très près de la tête, lui permet aussi d'évacuer les matières fécales et les produits sexuels sans quitter son domicile.

Ce singulier poisson se sert donc de l'holothurie comme d'une habitation ou d'un refuge contre ses ennemis. C'est ce qu'on pourrait appeler un *commensal* avec M. van Beneden, ou, suivant l'expression de M. Emery, un *parasite locataire* (inquilius).

La plus grande partie de ce remarquable mémoire est consacrée à des détails anatomiques pour lesquels nous renvoyons à l'original. E. B.

ERRATUM

Page 516, ligne 15, *au lieu de :* Rubiacées argoviennes, *lisez :* Rubiacées du Brésil.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de NOVEMBRE 1881.

Le 3, brouillard une grande partie de la journée; le soir à 10 h. couronne lunaire.
4, léger brouillard le matin et le soir.
5, brouillard de 8 h. à 10 h. du matin; le soir à 6 h. halo lunaire partiel.
6, couronne lunaire à 8 h. du soir.
7, brouillard de 8 h. à 10 du matin.
8, brouillard le matin.
10, brouillard tout le jour.
11, brouillard le matin et le soir.
12, halo solaire partiel à 2 h.
13, brouillard le matin.
14, brouillard le matin.
15, brouillard tout le jour.
16, id.
17, brouillard le matin.
20, brouillard une partie de la journée.
21, forte gelée blanche le matin; brouillard un peu plus tard dans la matinée.
24, faible gelée blanche le matin, minimum + 2°,7.
25, brouillard tout le jour.
26, pluie le matin, il a neigé sur toutes les montagnes des environs.
27, très forts coups de vent de SO. dans la nuit et pendant le jour.
28, pluie torrentielle tout le jour.
30, halo lunaire le soir à 6 h.; plus tard brouillard.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1er à 10 h. matin	724,19
6 à 10 h. matin	736,54
13 à 10 h. matin	739,29
16 à 8 h. matin	734,98
19 à 10 h. matin	737,50
22 à 10 h. matin	733,98
24 à 10 h. matin	735,72

MINIMUM.

	mm
Le 2 à midi	720,76
8 à 8 h. soir	729,01
15 à 2 h. après midi	731,97
17 à 2 h. après midi	729,86
21 à 2 h. après midi	732,14
23 à 2 h. après midi	731,48
27 à 10 h. soir	719,84

GENÈVE. — NOVEMBRE 1881.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	723,62	— 2,54	+ 2,47	— 4,50	+ 1,2	+ 4,0	4,10	—2,26	760	— 74	650	800	...	...	NNE. 1	0,99	9,6	— 2,1	129,0
2	721,23	— 4,93	+ 2,73	— 4,06	+ 2,1	+ 4,0	4,51	—1,78	825	— 9	750	890	...	...	NNE. 1	1,00	9,3	— 2,2	128,1
3	728,50	+ 2,35	+ 5,09	— 1,52	+ 1,9	+ 9,0	5,78	—0,44	884	+ 49	730	970	...	...	variable	0,72	9,6	— 1,8	126,4
4	733,61	+ 7,45	+ 6,44	0,00	+ 1,8	+11,8	6,42	+0,28	882	+ 47	690	1000	...	...	variable	0,26	9,7	— 1,6	127,0
5	735,85	+ 9,69	+ 6,85	+ 0,59	+ 1,7	+14,2	7,05	+0,98	930	+ 94	690	1000	...	...	variable	0,23	9,9	— 1,2	127,5
6	735,82	+ 9,66	+10,00	+ 3,91	+ 2,4	+17,9	8,25	+2,25	866	+ 30	620	980	...	...	variable	0,54	...	.....	126,0
7	734,80	+ 8,63	+ 7,60	+ 1,68	+ 3,0	+15,8	7,53	+1,60	918	+ 81	700	1000	...	...	variable	0,29	10,2	— 0,7	125,0
8	730,96	+ 4,78	+ 7,09	+ 1,35	+ 1,9	+12,5	7,15	+1,29	928	+ 91	760	1000	...	...	variable	0,24	10,1	— 0,6	126,5
9	730,97	+ 4,78	+ 6,86	+ 1,29	+ 5,2	+10,2	6,53	+0,74	896	+ 58	810	950	...	...	NNE. 1	0,71	10,0	— 0,6	124,5
10	734,02	+ 7,82	+ 5,58	+ 0,18	+ 4,6	+ 7,1	6,60	+0,88	950	+112	920	990	...	...	variable	1,00	9,7	— 0,8	125,2
11	735,11	+ 8,90	+ 5,70	+ 0,46	+ 4,1	+ 8,6	6,36	+0,71	903	+ 64	780	990	...	...	variable	0,77	9,8	— 0,5	124,3
12	734,72	+ 8,50	+ 6,86	+ 1,79	+ 3,6	+10,9	6,43	+0,84	878	+ 39	740	980	...	...	variable	0,63	9,8	— 0,4	123,1
13	738,20	+11,96	+ 5,28	+ 0,37	+ 2,4	+ 9,8	6,37	+0,85	921	+ 81	810	1000	...	...	variable	0,58	...	.....	126,0
14	735,61	+ 9,36	+ 5,04	+ 0,30	+ 0,3	+ 9,4	6,18	+0,72	901	+ 61	770	1000	...	...	NE. 1	0,34	9,9	— 0,1	120,8
15	732,69	+ 6,42	+ 4,18	— 0,40	+ 1,5	+ 6,2	5,94	+0,54	928	+ 87	860	1000	...	...	ESE. 1	1,00	9,9	+ 0,1	121,1
16	734,31	+ 8,02	+ 1,71	— 2,71	— 0,8	+ 4,5	5,35	+0,01	990	+149	950	1000	...	...	SE. 1	1,00	9,6	— 0,1	121,3
17	730,74	+ 4,43	+ 7,02	+ 2,76	— 0,8	+14,9	6,29	+1,01	819	— 23	540	1000	2,8	1	SO. 1	0,71	9,6	0,0	121,0
18	733,40	+ 7,06	+ 6,90	+ 2,80	+ 5,1	+10,3	5,86	+0,64	811	— 31	600	900	...	...	variable	0,39	9,7	+ 0,2	120,0
19	736,95	+10,59	+ 3,04	— 0,91	+ 0,6	+ 5,9	5,06	—0,10	894	+ 51	760	960	...	...	variable	0,82	9,5	+ 0,2	120,5
20	736,10	+ 9,71	+ 0,91	— 2,88	— 0,1	+ 4,1	4,72	—0,38	939	+ 96	890	1000	...	...	variable	0,63	...	.....	119,0
21	732,96	+ 6,55	+ 5,99	+ 2,35	— 2,0	+14,0	5,29	+0,24	733	—111	520	1000	...	...	SO. 1	0,68	9,0	— 0,1	119,0
22	733,26	+ 6,82	+ 9,64	+ 6,15	+ 5,7	+17,1	6,33	+1,34	739	—106	480	920	...	...	variable	0,48	9,5	+ 0,5	119,0
23	731,99	+ 5,52	+ 8,22	+ 4,88	+ 2,1	+14,0	6,03	+1,09	744	—101	550	940	...	...	SSO. 1	0,58	9,6	+ 0,7	116,5
24	734,96	+ 8,46	+ 6,26	+ 3,06	+ 2,7	+13,4	6,32	+1,43	886	+ 40	700	970	...	...	variable	0,00	9,5	+ 0,8	117,2
25	732,48	+ 5,95	+ 1,74	— 1,32	— 0,4	+ 3,5	5,39	+0,55	1000	+153	1000	1000	...	...	SO. 1	0,98	9,0	+ 0,4	115,0
26	729,98	+ 3,41	+ 6,12	+ 3,20	+ 1,0	+12,2	6,06	+1,27	855	+ 8	640	1000	7,3	4	variable	0,35	9,2	+ 0,7	118,0
27	721,25	— 5,35	+12,44	+ 9,66	+ 7,2	+17,0	6,33	+1,58	596	—252	440	730	0,4	2	SSO. 2	0,87	...	.....	113,0
28	721,37	— 5,27	+ 7,11	+ 4,47	+ 5,8	+11,1	7,54	+2,84	989	+141	960	1000	56,3	24	variable	1,00	9,5	+ 1,2	116,0
29	727,91	+ 1,24	+ 5,59	+ 3,08	+ 4,9	+ 6,3	6,55	+1,89	944	+ 95	850	990	15,3	12	SO. 1	1,00	9,4	+ 1,2	121,0
30	731,56	+ 4,85	+ 5,59	+ 3,21	+ 2,9	+ 8,1	6,66	+2,04	967	+117	870	1000	5,2	10	SO. 1	0,92	9,4	+ 1,3	123,0

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,60	731,20	731,28	730,93	730,61	730,64	731,09	731,30	731,61
2e »	734,83	735,20	735,42	734,80	734,27	734,23	734,51	734,76	734,98
3e »	729,67	730,31	730,52	729,66	729,27	729,38	729,39	729,62	729,87
Mois	731,70	732,24	732,41	731,80	731,38	731,42	731,66	731,90	732,15
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 3,21	+ 3,64	+ 3,97	+ 9,46	+ 9,42	+ 8,75	+ 7,54	+ 6,23	+ 5,49
2e »	+ 2,96	+ 3,29	+ 5,36	+ 7,21	+ 7,66	+ 6,87	+ 5,41	+ 4,80	+ 3,96
3e »	+ 4,82	+ 5,00	+ 7,33	+ 9,38	+10,10	+ 9,14	+ 7,96	+ 7,21	+ 6,79
Mois	+ 3,66	+ 3,97	+ 6,56	+ 8,68	+ 9,06	+ 8,25	+ 6,97	+ 6,08	+ 5,41
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,40	5,47	6,52	6,74	6,84	7,09	6,85	6,56	6,34
2e »	5,45	5,48	6,05	6,00	6,10	6,18	6,04	5,94	5,75
3e »	5,98	5,89	6,07	6,42	6,54	6,58	6,47	6,24	6,34
Mois	5,61	5,61	6,21	6,39	6,49	6,62	6,45	6,25	6,14
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	934	914	856	749	840	818	865	907	925
2e »	954	943	898	796	783	832	897	919	948
3e »	905	902	809	757	736	780	827	846	874
Mois	931	920	854	767	759	810	863	891	916

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	cm
1re décade	+ 2,58	+ 10,65	0,60	+ 9,79	0,0	126,52
2e »	+ 1,59	+ 8,46	0,69	+ 9,72	2,8	121,71
3e »	+ 2,99	+ 11,67	0,69	+ 9,34	84,5	117,77
Mois	+ 2,39	+ 10,26	0,66	+ 9,62	87,3	122,00

Dans ce mois, l'air a été calme 1,1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est S. 7°,0 E. et son intensité est égale à 24,66 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1881.

Le 8, forte bise tout le jour.
9, bouillard le matin.
17, neige le soir.
18, neige et brouillard jusqu'à midi, très forte bise tout le jour, qui a emporté une grande partie de la neige tombée.
25, fort vent du SO. depuis 10 h. du matin; brouillard le soir.
26, neige et brouillard jusqu'à midi.
27, brouillard tout le jour, neige le soir par un fort vent de SO.
28, neige et brouillard tout le jour, très fort vent du SO.
29, neige et brouillard tout le jour.
30, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à midi	574,92	Le 9 à 8 h. matin	567,61
13 à 6 h. soir	573,86	18 à 8 h. matin	564,32
20 à 10 h. matin	572,28	21 à 2 h. après midi	569,08
22 à 10 h. soir	571,50	23 à 4 h. après midi	569,60
24 à 10 h. soir	571,91	28 à 8 h. matin	559,78

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	558,04	— 5,26	556,44	558,93	— 4,21	— 1,05	— 6,3	— 1.5	.....	.....	....	NE. 1	0,01
2	558,29	— 4,94	557,66	560,34	+ 0,07	+ 3,37	— 2,0	+ 2,9	.....	.....	....	NE. 1	0,68
3	565,17	+ 2,01	562,26	568,34	+ 0,87	+ 4,31	— 3,4	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,32
4	572,01	+ 8,91	570,06	573,85	+ 4,37	+ 7,95	+ 2,3	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,14
5	574,66	+11,62	574,06	574,92	+ 4,21	+ 7,93	+ 3,1	+ 6,3	.....	.....	....	SO. 1	0.14
6	573,96	+10,98	573,77	574,32	+ 4,74	+ 8,60	+ 3,6	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,33
7	572,56	+ 9,64	572,27	573,04	+ 2,49	+ 6,48	+ 0,7	+ 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,08
8	568,87	+ 6,01	567,83	570.52	+ 2,47	+ 6,59	+ 1,3	+ 4,1	.....	.....	....	NE. 2	0,17
9	568,28	+ 5,48	567,61	568,91	— 1,72	+ 2,53	— 3,3	+ 2,5	.....	.....	....	variable	0,33
10	569,63	+ 6,88	569,04	570,05	+ 0,28	+ 4,66	— 3,0	+ 3,7	.....	.....	....	NE. 1	0,00
11	570,96	+ 8,26	570,13	571,61	+ 2,17	+ 6.68	— 0,3	+ 5,6	.....	.....	....	NE. 1	0,04
12	571,82	+ 9,17	571,45	572,74	+ 2,47	+ 7,12	+ 1,0	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,31
13	573,52	+10,92	573,05	573,86	+ 2,52	+ 7,30	+ 1,3	+ 3 5	.....	.....	....	NE. 1	0,17
14	571,89	+ 9,34	571,55	572,43	+ 4,24	+ 9,14	+ 2,7	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,02
15	570,50	+ 8,00	570,24	570,85	+ 2,84	+ 7,86	+ 1,5	+ 5,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
16	570,45	+ 7,99	570,14	571,02	+ 2.00	+ 7,14	+ 0,8	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
17	566,82	+ 4,40	565,90	568,13	+ 0,39	+ 5,65	— 4,7	+ 4,7	40	2,1	....	NE. 1	0,46
18	566,23	+ 3,85	564,32	568,15	— 6,78	— 1,40	— 8,4	— 0,6	80	4,6	....	NE. 3	0,64
19	571,09	+ 8,75	569,98	571,71	— 0,35	+ 5,14	— 3,8	+ 2,0	.....	.....	....	variable	0.00
20	571,61	+ 9,31	571,12	572,28	+ 2,58	+ 8,18	+ 1,0	+ 5,6	.....	.....	....	NE. 1	0,02
21	569,50	+ 7,24	569,08	570,04	+ 1,64	+ 7,35	+ 0,1	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,16
22	571,04	+ 8,81	570,35	571,50	+ 2,81	+ 8,63	+ 1,1	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,29
23	569,98	+ 7,79	569,60	570,64	+ 0,80	+ 6,73	— 1,7	+ 2,5	.....	.....	....	variable	0,50
24	571,35	+ 9,20	570,51	571,91	— 0,49	+ 5,54	— 2,3	+ 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,17
25	569,42	+ 7,30	567,80	571,61	— 3,14	+ 2,99	— 5,0	— 1,0	.....	.....	....	SO. 2	0,54
26	566,43	+ 4,34	566,25	566,81	— 4,21	+ 2,02	— 4,8	— 2,9	80	7,9	....	SO. 1	0,47
27	562,44	+ 0,38	561,43	564,21	— 5,29	+ 1,04	— 6,2	— 4,0	90	8,2	....	SO. 2	1,00
28	560,02	— 2,01	559,78	560,61	— 4,51	+ 1,92	— 4,8	— 3,9	350	30,2	....	SO. 2	1.00
29	563,74	+ 1,74	561,77	565,46	— 4,30	+ 2,23	— 4,6	— 3,3	140	15,2	....	SO. 1	1.00
30	565,94	+ 3,97	565,83	566,34	— 3,61	+ 3,02	— 3,9	— 2,7	220	18,2	....	SO. 1	1,00

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1881.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,50	567,80	568,09	568,11	568,06	568,19	568,48	568,73	568,91
2e »	570,26	570,35	570,64	570,59	570,51	570,51	570,61	570,73	570,76
3e »	567,12	567,15	567,32	567,10	566,88	566,85	566,93	567,01	567,09
Mois	568,29	568,43	568,68	568,60	568,48	568,52	568,67	568,82	568,92
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 0,04	+ 0,44	+ 1,72	+ 3,31	+ 3,50	+ 2,73	+ 1,23	+ 1,15	+ 1,05
2e »	+ 0,48	+ 0,96	+ 1,46	+ 3,28	+ 3,37	+ 1,71	+ 1,23	+ 0,77	+ 0,49
3e »	— 2,23	— 1,98	— 1,46	— 0,67	— 0,80	— 1,43	— 1,88	— 2,29	— 2,64
Mois	— 0,60	— 0,19	+ 0,57	+ 1,97	+ 2,02	+ 1,00	+ 0,19	— 0,12	— 0,37

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade	— 0,70	+ 4,08	0,22	0,0	000
2e »	— 0,89	+ 4,34	0,17	6,7	120
3e »	— 3,21	— 0,04	0,61	79,7	880
Mois	— 1,60	+ 2,67	0,33	86,4	1000

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,36 à 1,00.

La direction de la résultante des vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 68,1 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME SIXIÈME (3me PÉRIODE)

1881. — Nos 7 à 12.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

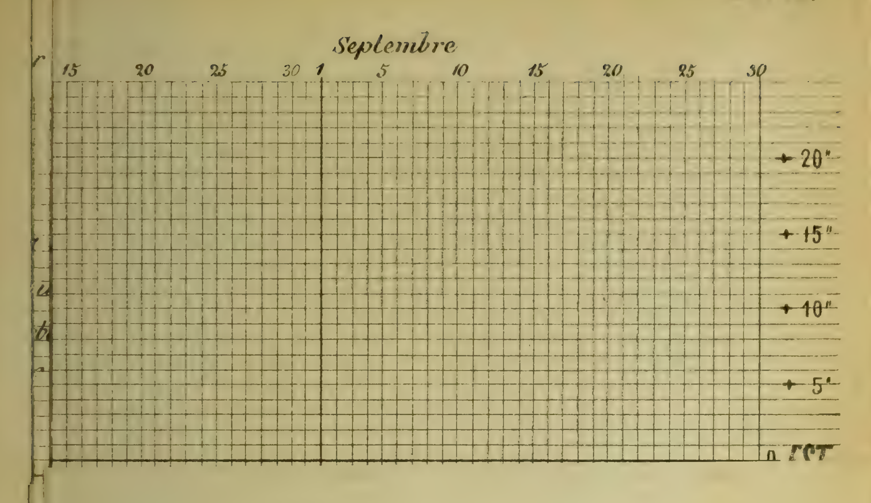
ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

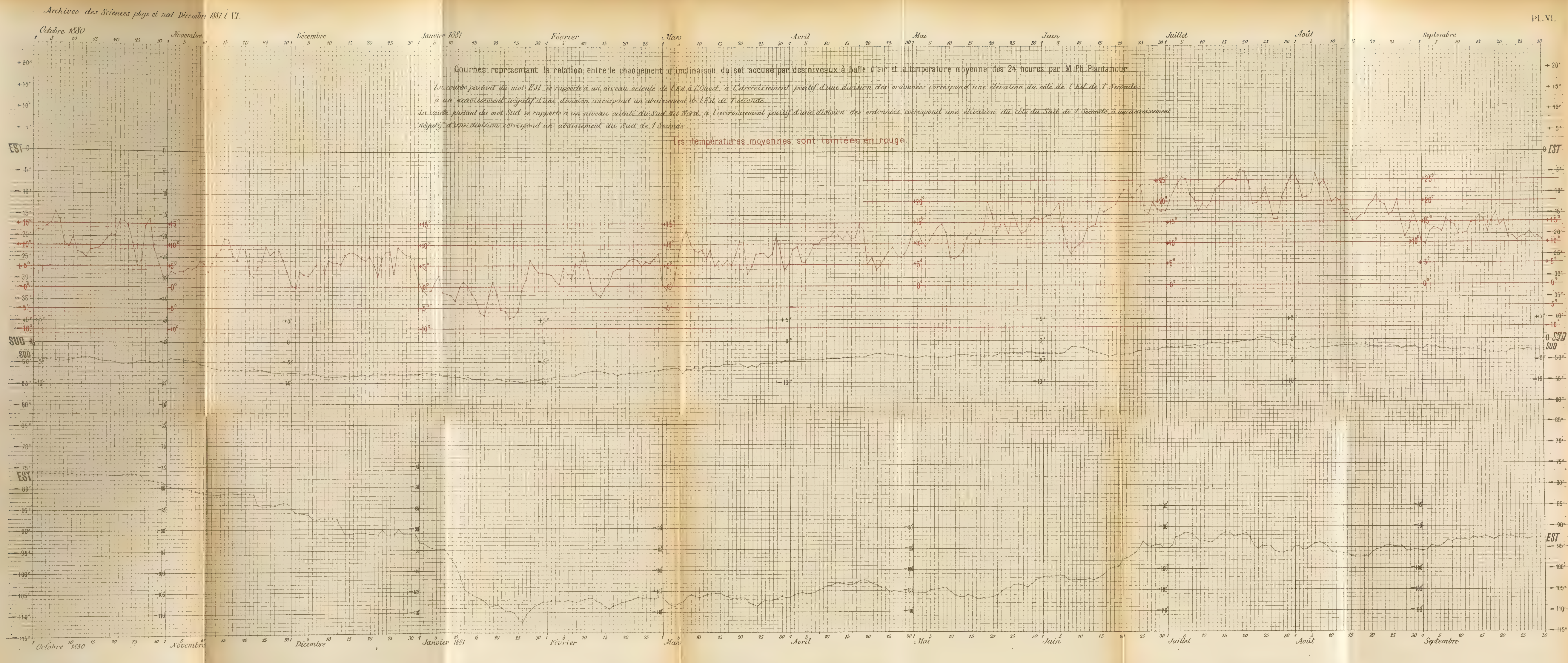
SUPPLÉMENT

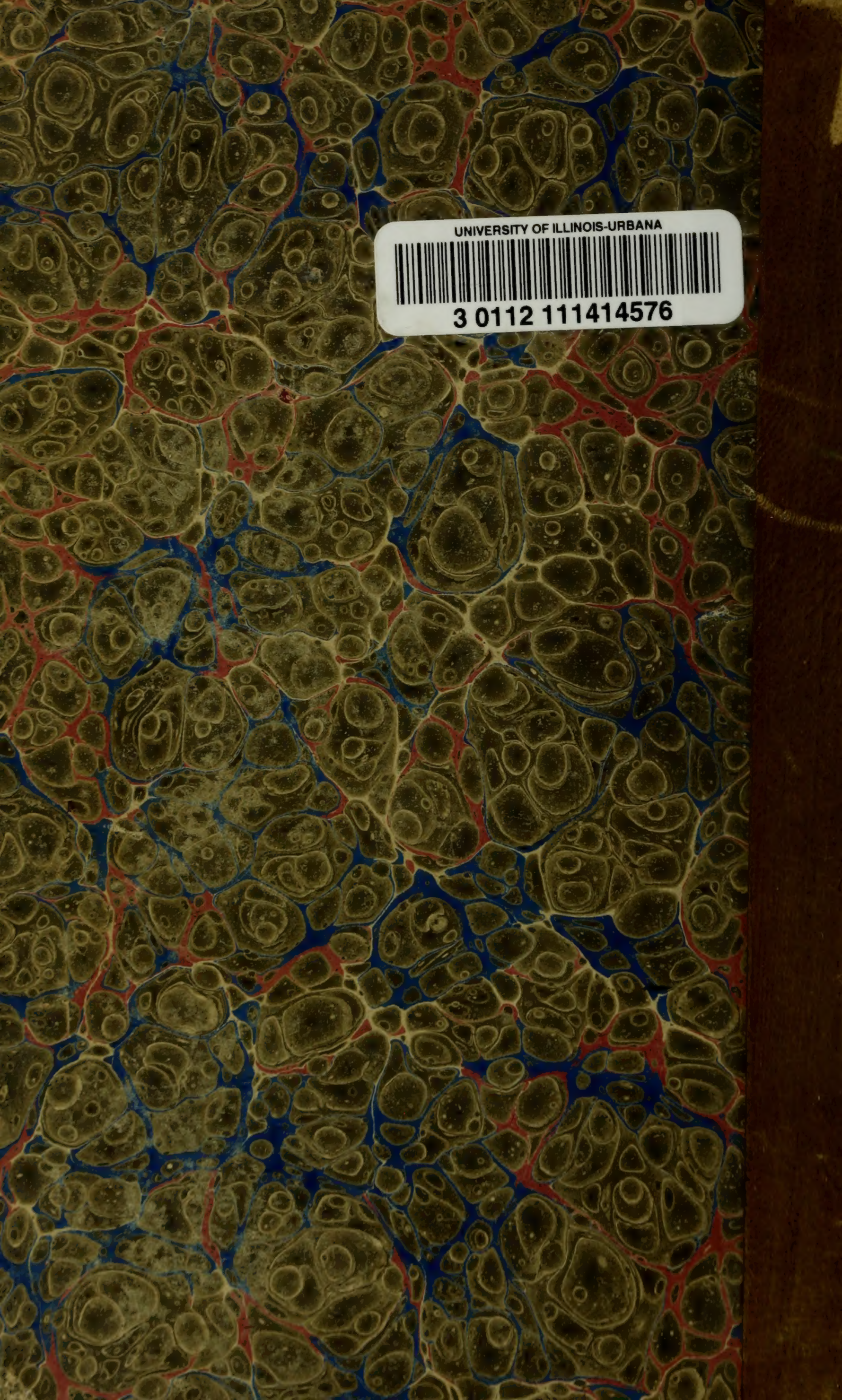
A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1881. Tomes V et VI (Troisième période).

T


Septembre
15
20
25
30
1
5
10
15
20
25
30
+ 20°
+ 15°
+ 10°
+ 5°


Courbes représentant la relation entre le changement d'inclinaison du sol accusé par des niveaux à bulle d'air et la température moyenne des 24 heures par M. Ph. Plantamour.
La courbe partant du mot Est se rapporte à un niveau orienté de l'Est à l'Ouest, à l'accroissement positif d'une division des ordonnées correspond une élévation du côté de l'Est de 1 Seconde, à un accroissement négatif d'une division correspond un abaissement de l'Est de 1 seconde.
La courbe partant du mot Sud se rapporte à un niveau orienté du Sud au Nord, à l'accroissement positif d'une division des ordonnées correspond une élévation du côté du Sud de 1 Seconde, à un accroissement négatif d'une division correspond un abaissement du Sud de 1 Seconde.
Les températures moyennes sont teintées en rouge.
Octobre 1880
Novembre
Décembre
Janvier 1881
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Août
Septembre
EST
SUD


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111414576